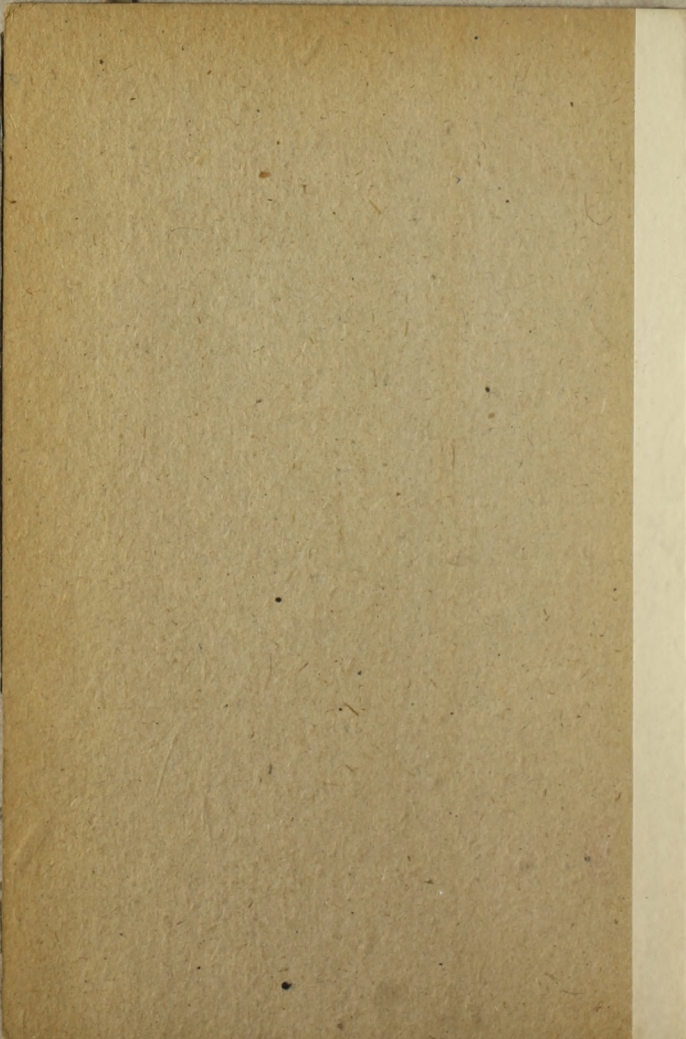


113298

SZABÓ ZOLTÁN
SZÁRMAZÁS ÉS
ÖRÖKLŐDÉS



41
K I N C S E S T Á R



SZÁRMAZÁS ÉS ÖRÖKLŐDÉS

ÍRTA

SZABÓ ZOLTÁN

EGYETEMI NYILVÁNOS RENDES TANÁR



BUDAPEST 1942

KIADJA A MAGYAR SZEMLE TÁRSASÁG

113298

TARTALOM

	Lap
I. Minden élő élőtlől származik	3
II. Állandóság és megváltozás	7
III. A génhordozó kromoszómák	16
IV. Ősök és ivadékok	28
V. A mendelizmus	40
VI. Egyéniség és fajiság	61
Irodalom	79

MÁGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



Kiadó: dr. Bodolai Zoltán.

Tipográfiai Műintézet (Fel.: Maretich József) V., Báthory u. 18

SZÁRMAZÁS ÉS ÖRÖKLŐDÉS

I. MINDEN ÉLŐ ÉLŐTŐL SZÁRMAZIK.

A származás és az öröklődés közkeletű szavak, amelyek mindegyike közönségesen ismert fogalmat jelent. Ehhez a két fogalomhoz mintegy önkénytelenül is csatlakozik a *rokonság* fogalma is, mert hiszen rokonoknak jelezzük a közös származású egyéneket, akik egymáshoz többé-kevésbbé hasonlóak, mert rokonságuk öröklött tulajdonságuk révén külsőleg is megnyilatkozik.

Az ilyen közismert fogalmakról, közkeletű megjelölésekről mindenki azt hiszi, hogy teljesen tisztában van értelmükkel, pedig éppen az ilyen fogalmakhoz fűződik a legtöbb szakismeret nélküli elképzelés, okoskodás, helytelen és tudománytalan magyarázat, régi hiedelmek, sőt babonákon alapuló tévedés.

Amióta a biológia (általános élettudomány) megfigyeléseken és kísérletezésen alapuló, szabatos módszerekkel dolgozó tudománnyá fejlődött, lassankint, fokozatosan lehámozta a származás és öröklődés misztikumát, felkutatta e jelenségek és a szerkezeti sajátosságok összefüggését, ahol pedig összefüggéseket talált, ott törvényeket állapított meg. Az általános biológiai törvények növényre, állatra, emberre egyaránt érvényesek, mert oly jelenségekre vonatkoznak, amelyek valamennyi élő lényre jellemzőek. Éppen ez az általános jellegű érvényesség az, ami a származás és az öröklődés elemi törvényeit is érthetővé teszi. E szerint bele kell törödnünk abba, hogy a származás és az öröklődés nemcsak az emberi nem kiváltsága, hanem valamennyi élő lény közös tulajdonsága. Minden élő lény, legyen az

mikroszkópos kicsinységű baktérium, vagy terebélyes tölgy, apró ázalékállat, vagy hatalmas testű elefánt, egysejtű lény, vagy a sejtek millióiból felépült növény, állat, vagy emberi egyén, hozzá hasonló, vagy mondhatjuk, lényegileg vele egyező szülőtől vagy szülőktől származik. A származás e szerint általános élettudományi, biológiai fogalom, amelynek bizonyos alapvető törvényei egyaránt érvényesek minden élő lényre.

Az első, legfontosabb származás-törvény a „szülői nemzés” törvénye, amelyet *Harvey William*-nek, az 1578-tól 1657-ig élt angol orvosnak, a vérkeringés hatatatlan felfedezőjének tulajdonítanak. Ő merte kimondani már 1651-ben, hogy „minden élő lény éléből (petéből) származik,” vagyis jelenleg nem keletkezik semmiből, vagy valamilyen anyag átalakulásából (ösnemzés) élő lény, hanem ez mindig *szülői nemzés* eredménye.

Az *ösnemzés* (*generatio spontanea seu aequivoca*) gondolata végig kísért a biológia tudományának egész fejlődésén. Még maga *Aristoteles* is a Kr. előtti IV. évszázadban az alsóbbrendű állatokat mint pl. a férgek, rovarlárvákat, sőt magát az angolnát is az iszapból származtatta. *Vergilius* Georgikonjában a méhet döghúsból, *Ovidius* a békát iszapból eredőnek, sőt *Metamorfózis*-ában az apró állatocskákat a szétázó testekből keletkezőnek tekinti. Az alsóbbrendű lények ilyen különleges származása nemcsak az ókorban, hanem még a XVII., sőt még a XVIII. században is kísértett. *Bochartus* 1675-ben a dolgozó méhet a tulok húsból, a hím méhet a lóhúsból, a lódarazsat az öszvérhúsból, az apró darazsakat pedig a szamárhúsból származónak tanítja. A közvélemény nem sokat törődött a biológiai alaptörvények általánosságával, sőt merő elképzelésekből származtatta a moszatokat a béka, vagy a hal nyálából, a gombákat az eső által „megtermékenyített” földből, a különböző nyüveket a gyümölcsök nedvéből, az emberi parazitákat a verejték megtestesüléséből. Még ma is az a nézetük az egyszerű gondolkozású embereknek, hogy a gyomornak, vagy a bélnek görceit, a korgó

hangokat a gyomorban, vagy bélben önmaguktól keletkező állatok nyugtalansága okozza. Mindezeknek az elképzeléseknek csak a kísérleti megfigyelések mondtak ellen. Csalódnánk azonban, ha azt hinnénk, hogy a konzervatív nagyközönség a szabatos tudományos kísérleteknek egyszerűen hitelt ad és sutba dobja a jó szülőktől és nagyszülőktől „származó” tanításokat. Redi Francesco pisai orvos már 1638-ban pontos kísérletekkel mutatta ki azt, hogy légylárvák, vagyis az akkor húsférgeknek nevezett lárvák, amelyekből a legyek fejlődnek, petékből keletkeznek. Ha megakadályozta sűrű szunyoghálóval, hogy a legyek a húshoz hozzáferhesse-
nek, a hús nem nyüvesedett meg. Ugyanebben az időben a hollandi Swammerdam igen sok alsóbbrendű állatról mutatta ki azt, hogy petékkal szaporodik. Mindinkább halmozódtak ezek a megfigyelések, úgyhogy a XVII. század közepén Harvey William már kimondhatta említett alaptörvényét. „Omne vivum ex ovo” fogalmazásban vált szálló igévé ez a tétel, amely bátran szembeszállt a hagyományokkal és a származás, valamint az öröklődés kapcsolatát nemcsak a magasabbrendű állatokra és növényekre tekintette érvényesnek, hanem minden élőlényre.

A szülői nemzés (*generatio parentalis*) alaptörvénye lényegileg annyit jelent, hogy élőlény csak élőlényből származhatik, még pedig olyképpen, hogy az új származék hasonló ahhoz az állathoz, vagy növényhez, amelyből a tojás, a pete, vagy a növénynek a magva származott. E szerint maga az élet is öröklődő tulajdonság, amely a petével együtt származott át egyik ivadékról a másikra.

Ennek az alaptörvénynek teljes kibontakozása és beigazolódása különösen arra az időszakra (*Pasteur, Koch*) esik, amely a kísérleti kutatáshoz hozzákapcsolta a mikroszkópos kutatást is. A mikroszkópos kutatások a XVII. század végétől kezdve különösen két hatalmas megállapítással ajándékozták meg a világ művelődését. A bűvárok meglátták és pontosan megfigyelték azt,

hogy a szabadszemmel látható élőlényeken kívül nagy változatossággal élnek mikroszkópikus kicsinységű szervezetek is, amelyek csak néhány százszoros nagyítással válnak láthatóvá. A másik felfedezés az volt, hogy még a szabadszemmel látható soksejtű szervezetek is apró sejtekből keletkeznek, vagyis minden élő lény élete első pillanatában egyetlenegy sejt. E sejtek kétfélék. Vannak olyan sejtek, amelyek a soksejtű szervezetről leválva önállóan fejlődésképesek, vagyis belőlük új, soksejtű szervezet keletkezik. Ezeket általában *szaporító* sejteknek (*spóráknak*) nevezzük. A legtöbb élőlény azonban még olyan sejteket is termel, amelyek önmagukban nem fejlődésképesek, hanem két ilyen sejt egyesüléséből létrejött kettős sejt (*zigota*) lesz csak az új szervezet *csírasejtje*. Ezeket az önmagukban fejlődésképtelen sejteket, amelyek nemzéskor egyesülnek, *ivar-sejteknek* vagy *nemi sejteknek* (gametáknak) nevezzük. Ez a fontos felfedezés, amely természetesen hosszú idők pontos megfigyeléseinek volt az eredménye, olyképen módosította Harvey után 200 évvel az ő mondását, hogy „*minden sejt sejtéből származik*” (*Omnis cellula e cellula*; Oken, 1830).

Ebből a törvényből önként következik az a jelentős származástani és örökléstani megállapítás, hogy a sejt a benne lejátszódó különleges folyamatok folyománya-képen *szaporodni* képes. Ez annyit jelent, hogy egyetlen sejtéből két sejt lesz vagy a folytonos osztódás folyománya-képen több ezer és millió sejt keletkezhet. Ha ezek az új sejtek egymástól elválnak, *egysejtű* lények nagy tömege jön létre, amelyek egymással mind hasonlóak, mert a kiinduló őssejt tulajdonságait örökölték. Ha az osztódással keletkező sejtszármazékok együtt maradnak, akkor *többsejtű* lény keletkezik, amely testének sokszor sok milliónyi sejtje mind az első csírasejtéből származik. Ez a soksejtű lény viszont ismét *szaporító sejteket* hoz létre, vagyis ivartalanul képes szaporodni, vagy pedig *ivar-sejteket* termel, amelyek párosodáskor egyesülve a megtermékenyítés sokáig titokzatos folya-

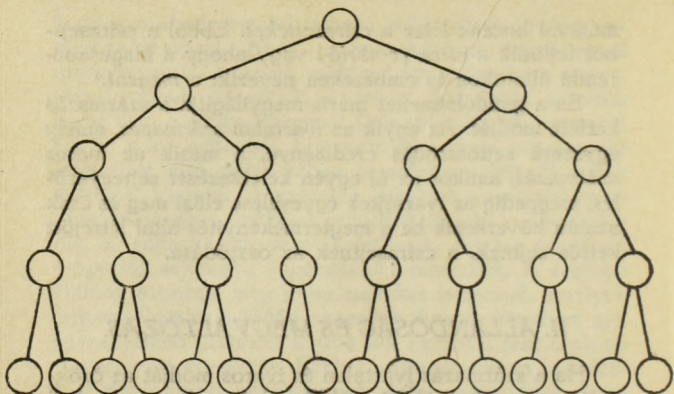
matával hozzák létre a *csírasejteket*. Ebből a csírasejt-ből fejlődik a *csíra* (*embrió*) vagy ahogy a magasabbrendű állatokon és embereken nevezik: a *magzat*.¹

Ez a gondolatmenet máris megvilágítja a származás kétféle módját. Az egyik az *ivartalan származás*, amely egyszerű sejtosztódás eredménye, a másik az *ivaros származás*, amikor az új egyén keletkezését sejtegyesülés, mégpedig az ivarsejtek egyesülése előzi meg és csak azután következik be a megtermékenyítés által létrejött kettős sejtnek, a csírasejtnek az osztódása.

II. ALLANDÓSÁG ÉS MEGVÁLTOZÁS.

Ha a származás ivartalan és ivaros módját az öröklődés szemszögéből vizsgáljuk, első sorban arra kell gondolnunk, hogy az *ivartalan* származás esetében az új egyén *egyetlen* egyénből származott, *ivaros* származáskor pedig az új egyént *két* szülő egyén hozta létre. Az ivartalan származás (*generatio monogenea*) legegyszerűbb vázlatát az egysejtűek szaporodása szemlélteti. Az egysejtű lény (1. kép) teste két sejtté lesz, mert bizonyos, később ismertetendő módon, ketté osztódik, tehát önmaga megszűnik, de élete és anyaga a két fióksejtben folytatódik. Ez az osztódás, mint már említettük, több egymásután következő menetben ismétlődhetik. A tapasztalat azt mutatja, hogy az ily osztódással keletkezett lények tulajdonságai teljesen azonosak az osztódó szülőlényéivel, mert a kiinduló, osztódó szülősejt bizonyos előkészítő folyamatok után olyképen osztja meg magát a két fióksejt között, hogy azok egymással is teljesen azonosak lesznek. Ha folytatódik az osztódás, a következő ivadékbán már 4 sejt lesz a 2-ből, majd 8 a 4-ből, 16 a 8-ból. Amikor ez, a 16 sejt alakjában létrejött negyedik fiókiivadék él, az előző három fióknemzedék és a kiinduló egyetlen őssejt már nincs meg,

¹ V. ö. Zimmermann: Fejlődéstan. Kincsestár 48. sz.



1. kép. Az ivartalan szaporodás vázlata.

A legfelső kör jelenti az ős-sejtet, amely kettéosztódva hozza létre a két fióksejtet. Ezek vonallal vannak vele összekötve. Az osztódás ismétlődésével négy, majd nyolc, végül tizenhat sejt keletkezik.

mert hiszen mindegyik osztódáskor élő testét átadta két származékának. Az egysejtű lények halhatatlanok, mondá *Weismann* (1882). Az élet, az élő anyaggal együtt ivadékról-ivadékra átszármazik. Mivel az átszármazó élet a sejt élő anyagához, a *protoplazmához*, vagy röviden *plazmához* kötött, nyilvánvaló, hogy a test tulajdonságainak kezdeményei is ivadékról-ivadékra átszármaznak, vagyis öröklődnek. Az örökletes tulajdonságok belső tényezőit *gén*-eknek nevezi a tudomány és az öröklődést átviteli folyamatnak tekinti, amely az élő sejt egyik sajátosságán, az *öröklékenységen* alapul. Az öröklékenység bizonyos konzervatív sajátása az élő sejtnek, amely a géneket ivadékról ivadékra átszármaztatva, azokat a jövőendő nemzedékek részére *megőrzi*.

Az ivartalan származást azonban nemcsak az egysejtű lényeken tapasztalhatjuk. Ha a szaporító sejtől,

vagy a csírasejtből többsejtű lény fejlődik, ez is választ-hat le testéről a legkülönfélébb módon szaporító sejteket (spórákat), amelyekből hozzá hasonló egyének fejlődnek. Ilyenek pl. a gombák, mohák, páfrányok. Azt is tapasztalhatjuk minduntalan, hogy élő lények, növények és állatok egyaránt képesek két- vagy több részre szétaprózódni és ezek a részek képesek egyénné kiegészülni. Legismertebb a növények ivartalan szaporodása, mert hiszen mindenki tudja, hogy a burgonya földbenélő hajtásain gumók keletkeznek, amelyek leválasztva új egyedekké fejlődnek. A kertészek töosztással, dugványozással, homlításal és egyéb eljárásokkal szaporítják növényeiket, maga a növény is gondoskodik indákról, tarackokról, gumókról, hagymákról, sarjakról, leváló rügyekről és számos más szaporító szervről, amelyekkel a természetben önmaguk is gyorsan elszaporodnak. Ilyképen, „vegetatív”-módon nagy tömegben keletkeznek az új egyedek, anélkül hogy a szülőegyén elpusztulna. Az állatok között sem csak az egysejtűek szaporodnak osztódással, hanem a magasabbrendű állatok is képesek erre, mint számos féreg, vagy néhány tömlősállat. A hidrák is képesek ivartalanul szaporodni olyképen, hogy testükön a növények bimbóihoz hasonló szemölcsszerű sarjadék keletkezik és ebből új egyed fejlődik, amely a testről leválik és kiegészül. Az ivartalan szaporodásra jellemző, hogy az új sarjak a szülőegyén önállósult és egyénesült részei. Minél magasabbrendű az állat, vagyis minél tökéletesebben differenciált a szervezete, annál kevésbbé képes az osztódásra vagy sarjadzásra és kiegészülésre. A legmagasabbrendű állatok, mint a gerincesek, már csak legfiatalabb állapotukban, csírasejtkorukban képesek úgy kettéosztódni, hogy a fióksejtek egymástól elválnak és külön egyedde fejlődnek. Ilyképen keletkeznek az egypetéseknek nevezett ikrek is, amelyek a megtermékenyített petesejt kettéválásából, vagyis ivartalan szaporodással jönnek létre. Ezek az ikrek egymással azonos örökletességűek. Ez az azonosság minden ivartalanul keletkezett ivadékra vo-

natkozik, mert, mint említettük, ezek nemcsak a szülővel, hanem egymással is azonosak.

Az ivartalan származás a legalkalmasabb az élő lények konzervatív öröklékenységének megfigyelésére, mert az osztódás folyamata biztosítja az örökletes tulajdonságok génjeinek változatlan átvitelét ivadékról-ivadékra. A sejt génjeinek összességét, vagyis örökletességét *genotípus*-nak nevezi a tudomány. A sejt osztódásakor a két fióksejt genotípusa is egyenlő lesz egymással. A többsejtű egyed ivartalanul létrehozott utódjainak genotípusa is azonos a szülőével. Ivartalan szaporodáskor tehát a szülőegyen és ennek összes leszármazottja egymással azonos örökletességű. E szerint az ilyenképpen keletkezett egyéneknek egymással külső megjelenésükben (fenotípusukban) is teljesen azonosaknak kellene lenniök. A megfigyelések azonban másféle eredményre vezettek, mert az ilyen ivartalan tiszta származéksorokban, amelyeket *klon*-oknak is neveznek, gyakran tapasztalnak az egyének között eltéréseket. Eme eltérések közül a legközönségesebbek azok, amelyek a külső hatásokra vezethetők vissza. Jól tudják a természet-szemlélők, hogy a környezeti hatások, mint pl. a talaj, a légkör, a fény, a táplálék és még sok fel nem sorolható tömegű részlethatás az élő lények fejlődését befolyásolja, élettani működésüket megváltoztatja, rajtuk alakbeli eltéréseket is hoz létre. Felesleges ezekre példákat említeni a növények, állatok, emberek köréből, annyira ismeretesek pl. a jól és rosszúl öntözött, vagy különbözőképpen megvilágított növények vagy növényi részek közötti eltérések, a jól vagy rosszúl táplált állatok vagy emberek közötti különbségek. A környezeti hatások (akciók) visszahatásokat (reakciókat) váltanak ki az élő szervezetben, bennük bizonyos módosító folyamatok (modifikációk) következnek be, amelyek eredményei a szervezeten jelentkező szerzett tulajdonságok. Ezek összessége a szerzettség (*paratípus*).

A szerzett tulajdonságok még az azonos örökletes-ségű (genotípusú) egyének megjelenését (fenotípusát)

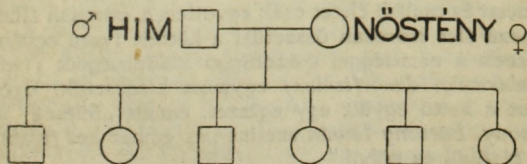
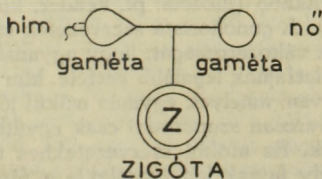
is eltérővé teszik egymástól. Ez az élő lények változékonyságát, megváltozó képességét (variabilitását) bizonyítja. Még fog szó esni a szerzett tulajdonságokról, de annyit már most is lerögzíthetünk, hogy a kísérletek légiói minden kétséget kizáróan bebizonyították azt, hogy a közönséges külső hatások által kiváltott módosulások csak az egyént érintik, csak az egyén fenotípusát változtatják meg, de genotípusát nem, vagyis *szerzett tulajdonságok nem örökletesek*.

E szerint egyetlen egyéntől ivartalanul származó ivadékok hosszú sorozata csupa azonos genotípusú egyénekből áll, amelyek azonban szerzett tulajdonságaik miatt egymástól kisebb-nagyobb mértékben eltérhetnek. Ha az élet kezdetekor e földön csak egyetlen élő lény alakult volna, és ennek ivartalan származású utódai között csak modifikációs eltérések lennének, nem tudnánk magyarázatot találni az élő lények közötti oly mélyreható különbségek keletkezésére, aminek eredménye az élők világának jelenlegi nagy változatossága. Fel kellett tételezni azt, hogy maga a genotípus sem állandó az egymás után következő ivadékokban, vagyis keletkezhetnek oly megváltozások is, amelyek örökletesek. Az ily megváltozások szükségességét valamennyi származáselmélet elismeri, csak a keletkezésük okát-módját és örökletességük értékelését illetőleg térnek el a vélemények. *Lamarck Jean Baptiste* (1744—1828) 1809-ben a közvetlen alkalmazkodás igazolására kénytelen volt elfogadni a szerzett tulajdonságok öröklődésének lehetőségét. A lamarkizmus feltételezi, hogy a használat vagy a nem használat, továbbá más külső tényezők által *előidézett* módosulások (*modificatiók*) az utódokra öröklődnek. Már említettük, hogy ez a feltevés kísérleti igazolásra nem talált. Még *Darwin Charles* (1809—1882) sem helyezett különös súlyt a fajok keletkezéséről írott művében (1859) a genotípus önkéntes, a környezethatásoktól független megváltozásaira, amelyeket *5 single variations*-nak nevezett. *Kölliker* ismerte fel elsőnek azt (1864), hogy „valamely általános fejlődés-

menet hatására a teremtmények az általuk termelt csírákból mást, eltérőt hoznak létre". *Hofmeister* (1868) *mutáció*-nak nevezte ezeket az örökletes megváltozásokat, de ez az elnevezés a nagy genetikus, *De Vries Hugó* (1848—1935) nevével forrott össze, aki fajkeletkezési elméletét a mutációk jelentőségére alapította és a genotipusnak ezt az önkéntes megváltoztatását tekintette az új alakok kiindulásának. Mutáció-elmélete (1901) szerint az élő szervezetekben olyképen keletkeznek új örökldő tulajdonságok, hogy a megfelelő gén önmagától megváltozik. A mutáció-fogalma ma már igen sokféle jelenséget ölel fel és a mutációk tanulmányozása egész különálló tudományággá és kutató területté vált. Kísérleti vizsgálatok kétségtelenül beigazolták, hogy tiszta származéksorokban fellépő mutációk új alak (biotípus, fajta vagy faj) keletkezését jelentik. Ezek a legszabatosabban az ivartalan származéksorokban figyelhetők meg, mert ezek származékainak változását nem befolyásolja az ivaros keveredés. Az élő lények változatosságának legjelentősebb tényezője mindenesetre a mutációkeletkezés. Ha elgondoljuk, hogy az előbb levezetett ivartalan tiszta származéksorban mutációval új alakok keletkeznek és ezek a mutansok egy-egy új származéksor kiinduló egyénei lesznek, úgy a következő ivadék már nem egységes genotípusú egyénekből áll, hanem kevert állományú népességet, ú. n. *populációt* alkot. Ha az azonos örökletességű (genotípusú) származéksorokat *biotípus* elnevezéssel foglalkozunk össze, úgy megállapíthatjuk, hogy egy-egy populáció 2—3 vagy több biotípus keveréke. Ezek a biotípusok veszik fel egymással és a környezettel a harcot, a létérti küzdelmet, amelynek eredményeképpen alakul meg a populáció mindenkori képe.

Az ivartalan szaporodású lényekhez csatlakoznak azonban az ivaros szaporodásúak, helyesebben ugyanazok a lények nemcsak ivartalanul, hanem ivarosán is képesek szaporodni. A kétféle szaporodás gyakran ivadékonként váltja fel egymást (*metagenezis*, ivadékcseré,

nemzedékváltás); ivartalanul jön létre az ivarszerveket viselő ivadék, amelyek tagjai ivaroson hozzák létre az ivartalan szaporodású egyedeket. Ilyen ivadékcserre jellemző bizonyos növénytörzsekre, mint a mohákra és harasztfélékre, de a többi növénytörzsben is fellelhető rejtettebb alakban. Az állatvilágban is előfordul, mint a Hydromeduzáknál, zsákállatoknál. Tárgyunkat az ivadékcserre kevésbé érinti, azonban a szorosan vett ivaros nemzés, vagyis az új egyén keletkezése két ivarsejt egyesülése következtében létrejött csírasejtből már igen közelről kapcsolódik az öröklődés és a származás kérdéséhez. Az ivaros nemzés (*generatio digenea*) folyamán a két ivarsejt (gaméta) génállománya egyesül egymással a csírasejtben, amelyet az örökléstudomány zigótának nevez. Az ivaros nemzést első sorban az egyéni ivarmegoszlás szerint vizsgálhatjuk. A legegyszerűbb eset az, amikor ugyanazon az egyénen termelődik mind-



2. kép. Az ivaros nemzés vázlata.

Felül a him és a nő gaméta egyesül zigotává. Alatta a him (négyzet) és a nőstény (kör) egyén párosodásából, amit az összekötő vonal jelez, hat származék keletkezik, még pedig három him és három nőstény.

kétféle, him- és nőivarsejt, vagyis ugyanaz az egyén viseli a him- és nőivarszerveket. Az ilyen egyén hermafrodita (kétivarú, vagy kétnemű, himnős). Hermafroditizmus igen elterjedt a növényországban, ugyannyira, hogy pl. a virágos növények nagyrésznél ugyanabban a virágban foglal helyet a termő (nőivarszerv) és a porzó (himivarszerv), tehát, maga a virág kétivarú (monoclin). Más esetben a virág maga egyivarú, tehát vagy termős, vagy porzós (diclin), de mindkétféle virág ugyanazon az egyénen foglal helyet. Az ilyen növény (pl. tök, mogyoró, kukorica, fenyő) egylaki (monoclin). Az állatok sorában a hermafroditizmus ritkább, előfordul pl. a laposférgéken, egyes puhatestű állatokban, emlősökben csak különleges esetekben kivételesen jelentkezik. A hermafroditizmus ellentéte a *gonohorizmus* (váltivarúság), amely esetben külön hím és külön nőivarú egyének vannak. A növényországban az ilyen „kétlakiság” ritkább (dioecia: pl. kender, komló, datolya, fűz, nyár). A gonohorista szervezetek már azzal is emelik az élők változatosságát, hogy ugyanannak a növény- vagy állatfajnak legalább kétféle, hím és nőstény ivarú egyéne van, amelyek egymás nélkül jól meg tudnak élni, de ivarosán szaporodni csak együttes párosodással képesek. Ez utóbbi szervezetekhez tartozik az ember is, amely fajnak két ivaralakja a férfi és a nő. A férfi is és a nő is leélheti külön-külön egyéni életét, de nemi és családi életet csak együttesen, párosan élhet. A nemi élet szorosan összefüzi a kétféle ivarú egyént, akiknek a nemiséggel összefüggő különbségeik (*ivari kétalakúság, dimorfizmus*) egymást kiegészítik. Ezért alkot a kettő együtt egy egészet, emiatt „feleség” az asszony. Bársony István szerint „az ember két részből áll, férfiből és nőből.”

Az ivaros származás lényege a hím és nő ivarsejtek egyesülése (fogamzás, megtermékenyítés). A himivarsejt a hímegyből, a nőivarsejt a nőegyből származó géneket hozza magával. Minden egyes örökletes tulajdonságnak (vagy tulajdonságcsoportnak) megvan a

maga génje mindkét ivarsejtben. E szerint ugyanezt a tulajdonságot két gén, még pedig egy apai és egy anyai eredetű gén képviseli a zigotában. A zigotából fejlődő egyén tulajdonságainak meghatározása tehát ezektől függ. A fogamzáskor létrejött egyén tulajdonságainak összessége e szerint *szintézis* eredménye, amely szintézisben az apai és az anyai eredetű gének szerepelnek. Amikor viszont az egyén ivarsejteket hoz létre, ezek a gének ismét szétszóródnak az egyén ivarsejtjeiben, tehát *diszperzió* történik. Az ivarsejtek génjeinek kiszámíthatatlan mennyiségű kombinatív egyesülési lehetősége idézi elő azt a változatosságot, amelyet az ivaros szaporodású fajok keretében észlelhetünk. Ezek a jelenségek természetesen az öröklődés szabályai szerint folynak le, végeredményben előidéznek az egyének közötti örökletes eltéréseket (*interindividuális variáció*), valamint az egyes rendszertani egységek (*biotípusok*, fajták, fajok) közötti eltéréseket (*blasztovariáció*).

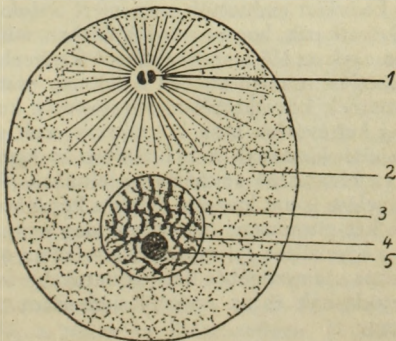
Mindebből látható, hogy az élő lények *konzervatív* öröklékenységgel szemben a változékonyság képviseli a *reformáló* erőt. A megváltozások részben külső hatásokra bekövetkező (exogén) módosulások (*modifikációk*), amelyek nem örökletesek, de a különböző körülmények között élő egyének között mégis eltéréseket okoznak, részben pedig a genotípus megváltozásai, tehát belső (endogen) átalakulások (*mutációk*), amelyek örökletes eltéréseket képviselnek. Ezek az örökletes eltérések mélyebb értelmű különbségeket hoznak létre az egyének között, amely különbségek csak fokozódnak akkor, ha az eltérő egyének közötti párosodás eredményeképpen oly egyének keletkeznek, amelyek az új tulajdonságokat sokféleképpen kombinálják (*kombináció*, *mixovariáció*). Az állandóan ivarosán szaporodó lények egyénei emiatt kevert öröklöttségűek és egymástól rendszerint sokszorososan eltérő genotípusúak, származékaik is vegyült származéksorokat hoznak létre, ellentétben az ivartalanul szaporodó lények említett tiszta származéksoraival.

III. A GÉNHORDOZÓ KROMOSZÓMÁK.

Már az előző fejezetben többször említést tettünk arról, hogy az öröklődés és a származás biológiai értelmezése szoros kapcsolatban van a sejt élettani szerepével. Már egy évszázados az a tudomány, amely a sejt kutatásával foglalkozik és amely az élet legrejtélyesebb székhelyének nagyszerű szerkezetét és működését igen részletesen feltárta. A sejttudomány leglényegesebb megállapítása az, hogy minden élő lény egyetlen egy, vagy számos, gyakran megszámlálhatatlan mennyiségű sejtből van felépítve. A testet alkotó sejtek apró, csak mikroszkóppal látható kamrácskák, a méhlép sejtjeihez hasonló kis cellák, amelyek belsejében a *protoplazmá*-nak nevezett élő anyag alkotja a sejt testét. A *protoplazmát* körülvevő váz, a sejthártya, vagy sejtfal, amely különösen a növényi testben alakul ki élesen, már nem élő sejtalkotórész, hanem a *protoplaszma* felületi terméke. Már tudjuk az előző közléseinkből, hogy a sejt minden osztódásából vagy két külön, szétváló, egysejtű lény, vagy két összefüggésben maradó sejt keletkezik. Az osztódás ismétlődése a sejtek mennyiségét gyarapítja. Bármily nagy legyen is az osztódással létrejött sejtek mennyisége, ezek mind egyetlen sejtől származtak, tehát az élő anyag sejtről-sejtre öröklődött. Az osztódás folyamatát a sejtestest növekedése előzi meg és csak ezután történik az osztódás, amikor a sejt már térfogatának közel kétszeresére növekedett. A két fióksejt teste e szerint nem egyéb mint az anyasejt megyarapodott testének, *protoplazmájának* kettéosztódásából keletkezett két test. A két származék tehát átvette az anyasejt anyagát. Ez az anyagelosztás az alapja tulajdonképpen a származásnak is. A természet nagyszerű berendezkedéssel biztosítja azt, hogy az anyasejt anyaga pontosan kettéosztódjék a két fióksejt között, úgy, hogy a két fióksejt ne egy-egy *felet* kapjon, hanem egy-egy *egész*et. E szerint az osztódás igen szoros kapcsolatban kell hogy legyen az öröklődéssel, amint azt már az előző

közlésekből is tapasztalhattuk. Nemcsak az ivartalan osztódás és a szaporító sejtek keletkezése van kapcsolatban az öröklődéssel, hanem az ivaros folyamat is, mert hiszen az ivarsejtek is osztódással keletkeznek. Ezek az ivarsejtek fogamzáskor egymással egyesülnek, tehát ilyenkor az osztódással ellentétes folyamat játszódik le. Éppen ez a két folyamat, az egyesülés és az osztódás az, amely a legközelebbről érinti az öröklődést. Ennek a két folyamatnak pontos megismerése feltétlenül szükséges az öröklődés és a származás biológiai elemzéséhez és megértéséhez.

A sejt alaktani elemzése kiderítette, hogy kétféle alkotórészből van felépítve. Az egyik alkotórész-csoport az említett élő anyagból, protoplazmából áll, a másik pedig élettelen, a protoplazma terméke. Az élő, vagyis táplálkozni, növekedni, szaporodni, mozogni tudó érzékeny sejttest protoplazma anyagú és előfordulásának két fő formája van (3. kép). Az egyik a hígab-



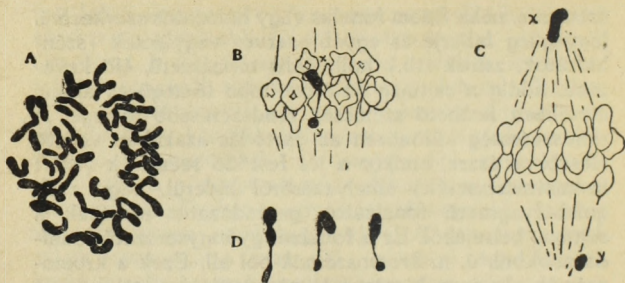
3. kép. A sejt vázlatos képe.

A gömbalakú sejtet sejthártya veszi körül, belsejét a hálózatosan szemcsés citoplazma (2) tölti ki. Ebben foglalnak helyet az iránytestek (1) és a sejtmag (3), amelyben a gerendázatot alkotó kromoszómák (4) és a sejtmagvacska (5) látható (Az emberi test c. műből).

ban folyó alapanyag, a *citoplazma*, a másik a határozott szerkezetű, tömörebb, jól körülhatárolt rész, a sejtmag (*nucleus*). E két élő sejtalkotórész jelenléte, eltekintve a baktériumoktól, minden sejt életének feltétele. Ezeken kívül van még egyéb élő (aktív) protoplasztikus sejtalkotórész is, közülök különösen a növényekben előforduló színtestecskék (*kromatoforák*) nevezeteseek, mert ezek a növényi részekre jellemző színanyagokat tartalmazzák. Ezeket és egyéb kisebb-nagyobb részeket most figyelmen kívül hagyhatjuk. A sejtalkotórészek másik csoportja a nem élő (passzív) sejtalkotórészeké, amelyek a sejt életében igen nagy jelentőségűek ugyan, de közvetlenül mégsem vesznek aktíven részt az öröklődésben. Ilyen a már említett sejthártya, vagy sejtfal, továbbá a sejt belsejében kiváló, szemcsés, kristályos, cseppszerű s egyéb tartalmi részek (zárványok) és a folyékony alakban nagy víztereket (vakuolumokat) kitöltő sejtnedv. Ez utóbbi passzív részeket csak a teljesség kedvéért említettük meg, mert a dolog természetéből következik, hogy az öröklődésben, mint életfolyamatban csak az élő részeknek lehet fontosabb szerepük. Az osztódást minden sejtben a sejtmag osztódása előzi meg, aminek következtében két sejtmag keletkezik. A sejtmag kettéválása után következik csak a sejt testének, a citoplazmának a befűződése és kettéosztódása, majd az elválasztó sejthártya alakulása. A fogamzás megfigyelése is azt igazolta, hogy a két ivarsejt egyesülését a két citoplazma-test kezdi meg ugyan, de a két sejtmag egyesülése fejezi be. E szerint az öröklődés és származás szemszögéből két legfontosabb folyamatnak, az osztódásnak és az egyesülésnek irányító centruma a sejtmag.

Végtelenül érdekes vizsgálatok egész sora derítette ki azt, hogy a sejtagnak mily szerkezeti jellege teszi érthetővé az egyesülés, osztódás és öröklődés mechanizmusát. Első sorban is feltűnő az, hogy amíg a citoplazma, vagyis a sejt testének hígabb alapanyaga mennyiségileg változó lehet és szerkezetében változóan

szemcsés, néha finom fonalas vagy hálózatos szerkezetű, lényegileg fehérje és egyéb szerves vegyületek (szénhidrátok, zsírok stb.) kolloidális természetű, élő keveréke, addig a sejtmag határozottabb tömegű és alakú, élesebben festhető szemcsék rendszeresebb tömege. A rendszeresség különösen az osztódás szakában vehető élesebben észre, amikor a jól festődő szemcsék (ezért kromatinszemcsék) elhelyezéséről kiderül, hogy ezek gombolyagszerű fonalzatot, gerendázatot alkotnak a sejtmag belsejéből. Ez a fonalzat gyöngysorszerű fonaldarabokból, ú. n. *kromoszómák*-ból áll. Ezek a kromoszómák oly nagy hírnévre és népszerűsége tettek szert az utóbbi két évtized örökléstudományi irodalmában, amilyennel azelőtt egy biológiai fogalom sem büszkélkedhetett. Kiderült ugyanis, hogy ezek a kromoszómák a sejtmag és ezzel a sejt leglényegesebb, bizonyos autonómiával felruházott alkotóelemei, amelyek mennyisége, alakja, szerkezete, nagysága az élőlények egy-egy fajára nagyon jellemző. A sejtmag osztódása folyamán igen jól láthatóvá válnak (kellő előkészítéssel) és összességük jellegzetes együttest (garnitúrát, szerelvényt) alkot. E szerelvényeket az teszi érdekessé, hogy a legtöbb fajban ezek a kromoszómák alakilag is állandóak, olyképen, hogy a szerelvényt egymástól eltérő nagyságú és alakú, vagyis individuális jellegű kromoszómák alkotják. A kromoszóma-szerelvény sajátossága faji, vagy fajta-jelleg (4. kép). Mennyiségük határértéke a 2 és a 100 körüli. A híres örökléstani kísérleti állatok közül az ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*) 8, a szunyog 12, a pisztráng 24, a tengeri sün 72, a majmok és az ember 48, a növények közül a búza 42, a csalán, a burgonya 48, a rózsza 14 kromoszómás. E számok a *testi* sejtekre vonatkoznak. Azért emeljük ki ezt, mert minden lénynek ivarsejtjében félannyi kromoszómája van, mint testi sejtjében. Az ember ivarsejtjében 24 kromoszóma van, két ivarsejt egyesülésekor a csírasejtnak (zigotának) 48 lesz a kromoszóma-száma. Ez a kettős szám (diploid állapot) megmarad a test fejlőd-



4. kép. A férfi kromoszóma-szerelvénye.

A. a férfi ivarsejtjének anyasejtjében huszonnégy pár kromoszóma van, köztük a gonoszóma-pár, melynek *y* tagja jelölve van. — B. A csökkentő osztódáskor elváló kromoszómák és az *x-y* gonoszómapár. — C. osztódáskor a gonoszómák a csúcs felé sietve megelőzik a többi kromoszómát. — D. az Oposzum, egy majom és a férfi gonoszómája (Sharp művéből).

dése során, mert a csírasejt osztódásakor és a többi testi sejtek keletkezésekor, vagyis a test egész fejlődése során az osztódás olyképen történik, hogy két fióksejtben mindig ugyanaz marad a kromoszómák száma, mint a szülősejtben volt. Az osztódásnak ezt a közönséges alakját számtartó osztódásnak (mitosis, aequatio) szokták nevezni. A diploid állapotú sejtben tehát kétszeres a kromoszómák mennyisége, mert minden sejtben ugyanabból a kromoszómafajtából egy apai és egy anyai eredetű van.

Ha figyelemmel kísérjük két ivarsejt egybekelésének sejtteni lefolyását (5. kép), azt tapasztaljuk, hogy a jóval nagyobb nőivarsejtben (*ovum*, *pete*) viszonylagosan nagy sejtmag van, amely megfelelő állapotban (fejlődés során) pontosan elemezhető. A petesejt magvában mindenfajta kromoszómából egyetlen egy van, tehát a kromoszóma-szerelvény egyszeres sorozat, haploid állapotú. Így az 5. képen 3 fehér kromoszóma van a

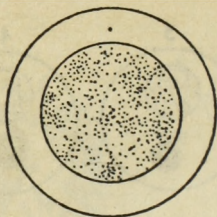


5. kép. A megtermékenyítés vázlata.

1 : a petesejt a beléhatoló himivarsejttel; 2 : a himivarsejt feje sejtmaggá, nyakirésze iránytestté válik; 3—5 : a petesejtmag és a himivarsejtmag kettős maggá alakulva egyesül és a petesejt zigotává lesz. — 6 : a zigota belsejében megindul a számtartó osztódás, melynek folyamán a kromoszómák kettéhasadnak, a két iránytest által megjelölt csúcsok felé húzódnak (7), míg végül (8) megalakul a két fióksejt. Ezekben azonos számmal vannak meg a fehér anyai és a fekete apai kromoszómák.

petesejt sejtmagvában (5. kép 3). A petesejtbe behatoló egyetlen himivarsejt (ondósejt, *spermium*) feji és nyaki része jut csak a petesejt belsejébe és a fejben is 3 (feketére rajzolt) kromoszóma van. E szerint a himivarsejt is haploid állapotú (5. kép 4). A megtermékenyítés folyamánaképpen létrejött a kettőssejtmagvú csírasejt (zigota, 5. kép 5), amelynek kettős sejtmagvában már 6, helyesebben 3 pár kromoszóma van. A rajzon egyúttal nyomon követhető a csírasejt további sorsa is, amidőn a két sejtmag egyesülését rögtön követi a kettős sejtmag számtartó osztódása. Ez a számtartó osztódás (6. kép) olyképen történik, hogy a kromoszómák a sejtmagban

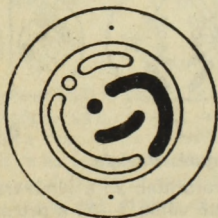
A



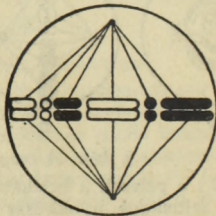
B



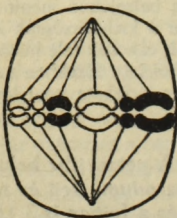
C



D



E



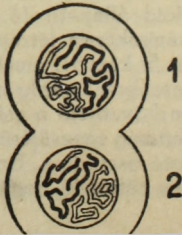
F



G



H



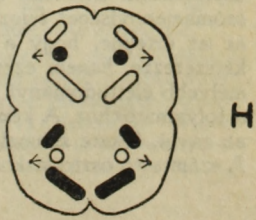
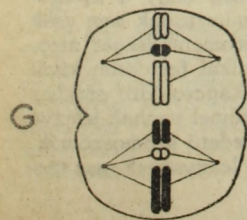
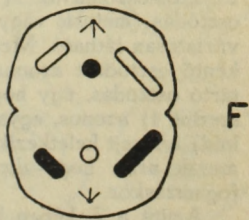
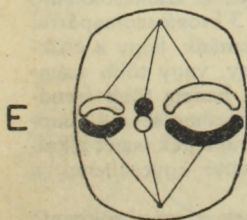
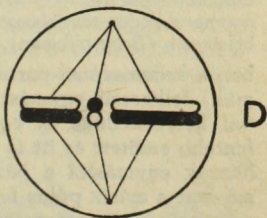
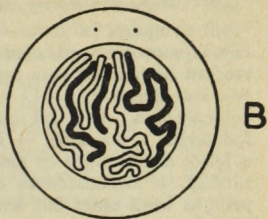
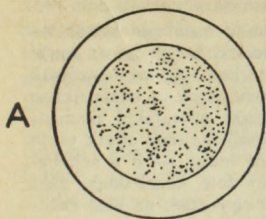
6. kép. A sejtmag számtartó osztódása vázlatosan.

A nyugalmi helyzet szemcsés, nagy sejtmaggal, egyetlen iránytesttel. — *B* a sejtmagban elkülönülnek a kromoszómák, az iránytest kettéválik. — *C* a kromoszómák megvastagodnak és megrövidülnek, az iránytest a két csúcsot jelöli ki. — *D* a két csúcs között megalakul plazmafonalakból a magorsó, a kromoszómák a középsíkban helyeződnek el és kettéhasadnak. — *E* a fiókkromoszómákat a húzófonalak a két csúcs felé húzzák. — *F* a sejt hosszúkas alakú lesz és befűződik, a kromoszómák a csúcshoz közelednek. — *G* megalakul a két sejtmag, amelyben a kromoszómák száma 3 pár, még pedig 3 fehér anyai és 3 fekete apai eredetű. — *H* a két fióksejt fonalzata az anyasejtével azonossá alakul (*Belár* nyomán).

egy síkban helyezkednek el. Minden kromoszómát egy-egy plazmafonal kapcsol a sejtben kialakuló két pólushoz. E két pólus a himivarsejt nyakirészéből keletkező két iránytestecskéből (*centrosoma*) alakul. A kromoszómák mindegyike hosszában kettéhasad, vagyis hasadással szaporodik. Mindegyik kromoszómából két fiókkromoszóma lesz, vagyis a 6 kromoszómából 12. E testvérkromoszómák azonban nem maradnak együtt, hanem az előbb említett plazmafonalak a két pólus felé húzzák őket olyképen, hogy minden kromoszómaiker közül egyik az egyik, a másik a másik pólus felé húzódik. E szerint a két póluson egy-egy 6 kromoszómát tartalmazó fióksejtmag jön létre. E sejtmag 6 kromoszómája tulajdonképen 3 pár, mert mindegyikben 3 fehér (anyai) és 3 fekete (apai) kromoszóma van. Az osztódás végtelenszer megismétlődhetik és az egész test minden sejtje azonos diploid kromoszómaszerelvényű lesz. A számtartó osztódás lefolyása pontosabban nyomon követhető a 6. képen. A számtartó sejtosztódás pontos ismerete nyilvánvalóvá tette azt, hogy a kromoszómák a sejtmag leglényegesebb alkotórészei, sőt ezek az egyetlen alkotórészek, amelyek az öröklődés szempontjából elsőrendű fontosságúak. A fogamzáskor úgyszólván ezek az egyetlen oly elemek, amelyek a két ivarsejt anyagának egyesülését, majd a csírasejt anyagának

egyenlő szétoztását szabatosan elintézhetik. Ezek a kromoszómák lehetnek csak azok a sejtmagalkotórészek, amelyekbe elméletileg belehelyezhetők az említett gének, az öröklődés belső biológiai tényezői. Igen szabatos sejttani vizsgálatok és kísérletek a géneknek ezt a lokalizálását be is igazolták és kimutatták, hogy *minden kromoszómában hosszanti sorban, állandó rendben helyezkednek el a gének*, még pedig az említett kromatinszemecskékben, amelyek a kromoszómának finomszerkezeti szelvénytípusú részeiben, kromomerákban tömörülnek.

A kromoszómáknak ezt a döntő jelentőségű szerepét még inkább beigazolja a kromoszómák viselkedése az ivarsejtek keletkezésekor. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a kromoszómák mennyiségének állandósága csak olyképpen tartható fenn, hogyha az ivaroson egyesülő sejtek kromoszómamennyisége félannyi (egyszeres, haploid), mint a fogamzással keletkező test sejtjeié. Ha ugyanis a test 48-kromoszómás, vagyis sejtjeiben 24 pár kromoszóma van, akkor ugyanez a test nem hozhatja létre az ivarsejteket is számtartó osztódással, mert akkor azok is 48 kromoszómások lennének. Két 48 kromoszómás ivarsejt egyesülése pedig már 96 kromoszómás csírasejt alakulásához vezetne. (Ez csak rendkívüli esetekben fordul elő és szintén mutációhoz vezet.) Ilyképpen a kromoszómamennyiség ivadékról-ivadékra emelkednék. Emiatt valahol be kell következnie a kromoszómák mennyiségi megfeleződésének. A sokféle eshetőség felsorolását mellőzve csak azt az egyszerű és közönséges esetet említjük, amikor a kromoszómaszám feleződése az ivarsejtek keletkezésekor történik, mint pl. a magasabbrendű állatokban, emberben, vagyis amely lényeken kifejezett ivadékcseré nincsen. Ezekben a szervezetekben az ivarsejteket termelő ivarmirigyekben oly sejtmegosztódás történik, amely a számtartó osztódástól lényegesen eltér, habár az ivarsejtek anyasejtjében a kromoszómaszerelvény ugyanolyan kromoszómapárokból van meg, mint a többi testsejtben. Itt azon-



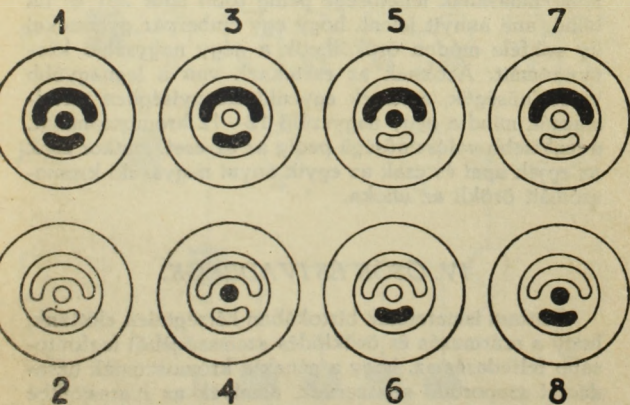
7. kép. A sejtmag csökkenő osztódása vázlatosan.

A nyugalmi helyzet. — *B* a sejtmag fonalzata kettős. — *C* a kromoszómák párosan összetapadnak, mégpedig az anyai eredetű fehér és az apai eredetű fekete homológ kromoszómák párokat alkotnak. — *D* a kromoszómapárok a középsíkban helyezkednek el, a két iránytest között megalakul plazmafonalakból a magorsó. — *E* a kromoszómapárok egyik tagja a felső, másik tagja az alsó csúcs felé indul. — *F* a sejt befűződik, a kromoszómák a két csúcs felé közelednek, mégpedig a felső csúcs felé két anyai és egy apai, az alsó csúcs felé egy anyai és két apai, miáltal két haploid kromoszómacsoport keletkezik. — *G—H* a két haploid kromoszómacsoport számtartómódon továbbosztódik, miáltal négy haploid sejtmag keletkezik (*Belar* nyomán).

ban a kromoszóma-párok tagjai (a homológ kromoszómák) felkeresik egymást és egymáshoz tapadva párosával helyezkednek el egy síkban (7. kép). Ezután a fentebb említett és itt is megalakuló húzó-fonalak szét-húzzák egymástól a párok tagjait, egyiket az egyik, másikat a másik pólus felé. Ilyképen két góc keletkezik egyszerű kromoszómaszámmal, pl. az ember esetében 24 kromoszómával. A 7. rajzon ez a számcsökkentő osztódás (meiosis vagy redukció) 3 kromoszómapárral vázlatosan látható. Meg kell jegyeznünk, hogy a csökkentő osztódást azonnal követi egy, vagy több számtartó osztódás, úgy hogy nem két, hanem több (rendszerint 4) azonos, egyszeres kromoszóma számú (haploid) ivarsejt keletkezik. Ezek az ivarsejtek ismét alkalmasak arra, hogy diploid csírasejtté egyesüljenek a fogamzáskor.

Amint a 7. képen látható, ennek a számcsökkentő osztódásnak nemcsak az az értelme, hogy a kromoszómamennyiséget felezze és a fogamzásnak sem csak az az értelme, hogy a kromoszómamennyiséget megkétszerezze, hanem ezen a mechanikai feladaton kívül mélyebb élettudományi jelenség is kapcsolódik ezekhez a folyamatokhoz. A képen fehér színnel vannak jelezve az anyai, fekete színnel az apai eredetű kromoszómák. A számtartó osztódáskor keletkező leánysejtek nem tér-

nek el egymástól a kromoszómák származását illetőleg, mert mindegyikben 3 anyai és 3 apai homológ kromoszóma van (6. kép). A számcsökkentő osztódáskor azonban (7. kép) nyilván látható, hogy a létrejött két fióksejtmag ebben a tekintetben egymástól eltérő. Az E és F rajzon látható, hogy a felső pólusra két fehér (anyai) és egy fekete (apai), az alsó pólusra pedig két fekete (apai) és egy fehér (anyai) kromoszóma kerül. A két ivarsejt tehát a kromoszómák származását illetőleg nem azonos értékű. A kromoszómák mennyisége azonos, de genezisüket illetőleg eltérőek. Belátható, hogy a véletlen eshetőségén múlik, hogy miképpen oszlanak meg a homológ kromoszómák a két fióksejtmagban. A 8. képen látható, hogy 3 kromoszóma esetében már



8. kép. A haploid kromoszóma-szerelvény összetétele.

A 7. képen vázolt csökkenő osztódás eredményeképpen nyolcféle módon oszolhat meg a három apai és a három anyai kromoszóma az ivarsejtek között. A nyolc eshetőségből egyben csupa apai (1), egyben csupa anyai (2), háromban két apai és egy anyai (3, 5, 8), háromban két anyai és egy apai (4, 6, 7) kromoszóma lesz.

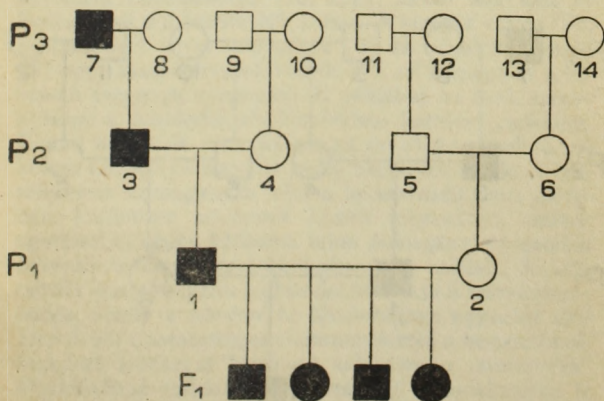
8-féle (2^3) ivarsejt keletkezhetik, vagyis 8-féle nőivarsejt és 8-féle himivarsejt jöhet ilyképen létre. Ha azt vizsgáljuk, hogy ezek az ivarsejtek fogamzáskor miképpen egyesülhetnek, azt tapasztaljuk, hogy a 8-féle himivarsejt és a 8-féle nőivarsejt egyesülésének eshetősége 8×8 , vagyis 64 (8^2). Három kromoszóma esetében tehát az ivarsejtek már 64-féle kombinációt hozhatnak létre a kromoszómák eredetét illetőleg. A kromoszómaszám emelkedésével az ivarsejtek mennyiségének (2^n) és ezek kombinatív lehetőségének mennyisége (2^n)² is folytonosan emelkedik. E szerint az ember ivarsejtjeinek 24 kromoszómaszámát véve alapul, a kromoszómák apai és anyai eredetének viszonyait illetően (2^{24}) = 16,777.216-féle ivarsejt keletkezése tehető fel. Ezek kombinálásának lehetősége pedig több mint 281 és fél billió, ami annyit jelent, hogy egy emberpár gyermekei ily sokféle módon örökölhetik a négy nagyszülő kromoszómáit. Azoknak az eseteknek van a legnagyobb valószínűségük, amelyek egyenlő mennyiségben tartalmazzák mind a négy nagyszülő 12—12 kromoszómáját, a legkisebb valószínűségű pedig az az eset, amikor csak az egyik apai és csak az egyik anyai nagyszülő kromoszómáit örökli az unoka.

IV. ŐSÖK ÉS IVADÉKOK.

Sejttani ismereteink birtokában kétségtelen előttünk, hogy a származás és öröklődés szemszögéből legfontosabb felfedezés az, hogy a gének a kromoszómák hasadással szaporodó sejtszervek, amelyek az ivarsejtekbe kerülve a géneket a szülő ivadékból az egymás után következő ivadékokba átszármaztatják. Az is természetes előttünk, hogy a gének mennyisége nem határozható meg pontosan. Az ecetmuslicában kísérletekkel több mint 500 örökletes tulajdonság génjét állapították meg, amelyek négy kromoszómában vannak elhelyezve. Ez annyit jelent, hogy a gének nem egyenkint, hanem csoport-

tokban szállanak át ivadékról ivadékra, tehát a tulajdonságok is csoportosítva öröklődnek. Az ember öröklődésében már több mint 1000 gén öröklési menetét ismerik pontosan, de legalább 30 ezer gént kell feltételeznünk, amelyek 48 csoportban foglalnak helyet a testi sejtek 48 kromoszómájában.

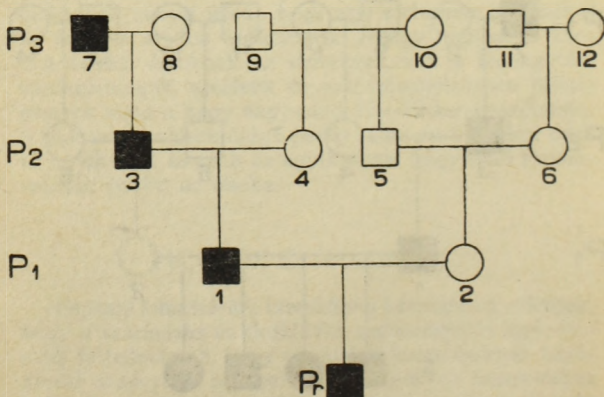
Az ivarosán származó egyén öröklöttsége kétfelől származik, mert a csírasejtbe az apai ivarsejtből származott az egyik, az anyai ivarsejtből a másik kromoszóma-sorozat. Ha ezt a kétágú eredetet az elődivadékok sorozatán át tanulmányozzuk, úgy először is azt állapíthatjuk meg, hogy valamely egyén mily mennyiségű össel lehet származási kapcsolatban. Ilymódon állíthatjuk össze az ú. n. felmenő származási (*ascendens*) táb-



9. kép. Felmenő származási táblázat.

Legalól *F1*— jelzéssel négy testvér, két fiú és két leány van feltüntetve. Ezek szülei a *P1* ivadék, melyben 1 az apa és 2 az anya. A nagyszülők *P2* ivadékában négy tag van, melyek közül a 3. és 4. sz. az 1. sz. apa szülei, az 5., 6. sz. a 2. sz. anya szülei. A *P3* a nyolc szépszülot (7—14) tartalmazó harmadik ősvadék. A három ősvadéknak tizennégy tagja van.

lázatot, a „pedigré”-t. Ebből kiderül, hogy elméletileg minden egyénnek 2 szülője (P^1), 4 nagyszülője (P^2), 8 szépszülöje (P^3), 16 dédszülöje (P^4), 32 ükszülöje (P^5), 64 dédösszülöje (P^6) 128 ükösszülöje (P^7) van. E jelzésünkben P az ősvadékok jele, a szám annak a sor-száma. Az ilyen táblázat vázlata (9. kép) pontosan fel-tünteti annak a lehetőségét, hogy ivadékról-ivadékra külön-külön és valamennyi ivadékban összesen hány ősvadékok szerepelhet az öröklésben. E szerint a folyton kettőződő számítás szerint a tizenkettedik előd-ivadékban 4096, a huszadik előivadékban, ami kb. 7 évszázadnak felelne meg, már több mint egymillió ősvadékok szerepelne. Így hamarosan eljuthatunk oly mennyiségig, amely már megha-ladná az illető ország lakosainak számát abban az idő-



10. kép. Felmenő származási táblázat őscsökkenéssel.

A P_r jelű probandusz-egyén szülői (1, 2) egymással unokatestvérek, mert az apa (1) anyja (4) és az anya (2) apja (5) egymással testvérek. Mindkettő a 9. sz. nagyapa és a 10. sz. nagyanya gyermekei. Emiatt a nagyszülők P_3 ősvadékaiban nem nyolc, hanem csak hat tag van, tehát az ősvadékok menynysége tizennégyről tizenkettőre csökkent.

pontban. Ez a lehetetlenülés olyképen hidalható át, hogy okulva az ismert családfák adatain, feltételezzük egyes egyének ismételt előfordulását ugyanabban az előivadékban. Ez annyit jelent, hogy az elődök között távoli vagy közeli rokonok házasodtak össze. Rokonoknak nevezzük a származás szempontjából azokat az egyéneket, amelyeknek közös őseik vannak. A mindennapi életben is előfordul az unokatestvérek vagy másodunokatestvérek házassága, amikor is az ily házasságból származó gyermeknek már kevesebb őse van, mint a nemrokon házasságból származónak. A 9. rajzon oly eset van ábrázolva, amelyben 3 felmenő elődivadékban rendes kettőzés van, vagyis 2 szülő, 4 nagyszülő és 8 szépszülő. Ezek száma összesen 14. Ha a két szülő egymással unokatestvér (10. kép), akkor már nem 8, hanem csak 6 a szépszülők száma. A vizsgált egyén (*Pr*, probandusz) atyai nagyanyja (4) és anyai nagyatyja (5) egymással testvérek voltak, a 9. sz. szépapa és a 10. számú szépanya gyermekei. E példában az ősök menyisége a harmadik elődivadékban kettővel csökkent. Emiatt nevezzük ezt a jelenséget *öscsökkenés*nek, a rokonok közötti párosodást pedig beltenyészetnek. A beltenyészet legmagasabb foka a hermafroditizmus esetében, különösen növények között folytatható, amikor ugyanaz az egyén kétivarú, tehát önmagával párosodva önmegtermékenyítéssel hozhatja létre utódait. A kölcsönös termékenyítés legközelebbi alakja a testvérpárosodás, amely a növény és állatvilágban egyaránt előfordul, sőt a mesterséges tisztatenyésztés a nemesítés elfogadott módszere bizonyos tulajdonság „tiszta vérű” állandósítása érdekében. Az emberi társadalomban is előfordult bizonyos népek, főképen dinasztiaiak (Ptolemaeusok) keretében a testvérházasság. A tágabb rokontenyészet is jelenthet öscsökkenést. Bizonyos néposztályok, különösen a nemesség, az arisztokrácia, az uralkodó dinasztiaiak körében elég magasfokú beltenyésztés divatos. Így pl. I. Lipót császár és király hetedik előivadékában 128ős helyett csak 38 személy képviselte

ezt az ivadékot. II. Vilmos német császárnak tizenkettedik előivadékában 4096 helyett csak 275 őse volt. Az állattenyésztés pedigreje annál értékesebb, minél többször fordul elő valamely állat előivadékaiban ugyanaz az értékes tulajdonságokkal bíró ős. Nyilvánvaló tehát, hogy a párosodó egyének között különböző fokú lehet a rokonság az öntermékenyítéstől kezdve az egymástól teljesen idegen eredetű vagy a legnagyobb valószínűség szerint származási kapcsolat nélküli egyének párosodásáig.

A felmenő származási táblázat ezek szerint valóságos képet ad az ősök mennyiségéről, de szorosan véve mégsem elégíti ki az öröklődés igazolásával szemben támasztható igényeinket. Elég, ha arra utalunk, hogy *két, vagy több testvér egymással teljesen azonos származású és mégis igen eltérő öröklöttségű lehet*. Csak a már említett „egypetés” ikrek azonos öröklöttségűek, a többi testvér között mindig van kisebb-nagyobb eltérés, sőt hiányozhatik minden egyezés. E jelenség máris arra utal, hogy a származás azonossága nem jelenti egyúttal az öröklött tulajdonságok azonosságát is.

Az ősök szerepét az egyén öröklöttségében már *Galton Francis* (1822—1911), az eugenia megalapítója is kutatta és megalkotta az *ösörökség törvényét* (1897), amelyet 817 tacsókócutya törzskönyvi adataiból számított ki és amelyet később az ember mérhető (pl. termet) adataival is alátámasztott. E törvény szerint az egyén örökséganyagának összetételében nemcsak ennek közvetlen szülei részesek, hanem a felmenő ősök minden tagja anyai és apai ágon egyaránt, még pedig az ősök távolságának mértéke szerint csökkenő mennyiségben. *Galton* szerint (11. kép) az egyén öröklöttségének felét két szülőjétől, másik felét pedig többi ősétől nyerte, tehát az örökség összetételében mindegyik szülő $\frac{1}{4}$, mindegyik nagyszülő $\frac{1}{16}$ részben vesz részt, vagyis képlettel kifejezve minden ősre 0.5^{2n} rész jut, ahol n az örökség fokozatát jelenti (szülő 1, nagyszülő 2). *Pearson* ezt a *Galton*-féle, de általa már módosított „törvényt”

2 szülő à ¼	4 nagyszülő à 1/16	8 szép szülő à 1/64	stb

11. kép. A Galton-féle ösörökség ábrázolása.

Az egyén teljes öröklöttségét ábrázolja a képen látható egész négyzet. A négyzet bal fele a két szülőtől származó örökség, jobb fele az összes többi ősök öröksége. Ez utóbbi hasonlóképen tagolódik tovább, vagyis a szülők egyenként egynegyed, a nagyszülők egytizenhatod, a szépszülok egyhatvannegyed arányban vesznek részt az egyén öröklöttségének összetételében. A felosztást végtelenül lehet folytatni.

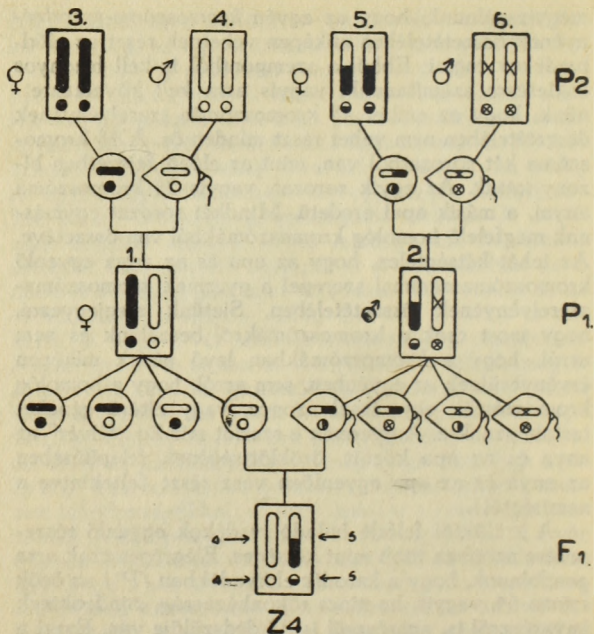
az egész örökléstudomány legjelentősebb alaptörvényének tekintette, amely vetekedik a fizika gravitációs törvényével. Meg kell jegyeznünk, hogy a gyakorlati élet ezt a törvényt még egyszerűbb formában használja, azt állítva, hogy mivel a szülők egyenlő felerészben vesznek részt az egyén öröklöttségének az összetételében és ez a

feles részesedés a szülőre is vonatkozik a nagyszülőkkel szemben, az egyén összetételében a nagyszülők $\frac{1}{4}$, a szépszülők $\frac{1}{8}$ arányban vesznek részt. Erre támaszkodik az állattenyésztők kifejezése arra az esetre, amikor két ugyanazon fajta állat párosodásából származó egyedet tisztavérűnek, két eltérő fajta kereszteződéséből származó egyed pedig *félvérnek* neveznek, ha pedig az egyed nagyszülei között van egy idegen fajtájú, akkor ennek öröklését $\frac{1}{4}$ -vérűségnek tekintik. A „vér” mint öröklési szerepű anyag mainap csak *képletesen* értendő, bármennyire szerepel is a köztudatban és a mindennapi nyelvben, mint az öröklés közvetítője és az öröklöttség képviselője. Még *Darwin Charles* is azt képzelte, hogy a vér szállítja a test minden részéből az ivarszervekbe és onnan az ivarsejtekbe a tulajdonságok alapítékait, az ú. n. gemmulákat. A mai génértelemben tehát a vér volna a gének hordozója, a genotípus képviselője. Ezt az elgondolást már *Galton* is megcáfolta, de azért az ősidők balhite mainap is szembeállítja „vér és rög” elnevezéssel az öröklött tulajdonságokat a szerzett tulajdonságokkal, az ősök hatását a környezethatásokkal. A kromoszómák szerepének felismerésével a vér teljesen elvesztette valóságos szerepét az öröklésben, úgy, hogy a vér kifejezés csakis *képletesen* értendő az öröklöttség kifejezésére. Tisztavérűnek az azonos tulajdonságú, azonosfajtához tartozók párosodásából eredő egyént nevezik, félvérnek a keresztezettet. A vérnek az öröklődéssel és származással csak annyiban van kapcsolata, hogy a vérnek, mint a testhez tartozó anyagnak a tulajdonsága (pl. vércsoport-hoz tartozás, kémiai összetétel) éppúgy génikusan öröklődik, mert génikusan feltételezett, mint a test bármely más tulajdonsága. Egyébként az anya vére a maga egészében és eredeti összetételében normális körülmények között át sem megy a magzatba, tehát abban semmiféle öröklődéssel kapcsolatos hatást nem fejthet ki.

A vértől mint anyagtól tehát az öröklöttség megalakulásában el kell tekintenünk, hanem inkább azt kell

megvizsgálunk, hogy az egyén *kromoszóma-szerelvényének* összetételében miképen vehetnek részt az előivadékok tagjai. Ebből a szempontból is kell bizonyos őskiesésre számítanunk, vagyis arra kell következtetnünk, hogy az ember 48 kromoszómás szerelvényének összetételében nem vehet részt mindenős. A 48 kromoszóma két sorozatból van, mint az előző fejezetben bizonyítottuk. Az egyik sorozat, vagyis 24 kromoszóma anyai, a másik apai eredetű. Mindkét sorozat egymásnak megfelelő homológ kromoszómákból van összetéve. Az tehát kétségtelen, hogy az apa és az anya egyenlő kromoszómaszámmal szerepel a gyermek kromoszóma-szerelvényének összetételében. Sietünk megjegyezni, hogy most csak a kromoszómákról beszélünk és nem arról, hogy a kromoszómákban levő gének miképen érvényesülnek az egyénben, sem arról, hogy a homológ kromoszómák egymással azonos, vagy eltérő géneket tartalmaznak-e. A gyermek e szerint mindig „félvér” az anya és az apa között, öröklöttségének felépítésében az anya és az apa egyenlően vesz részt (eltekintve a nemiségtől).

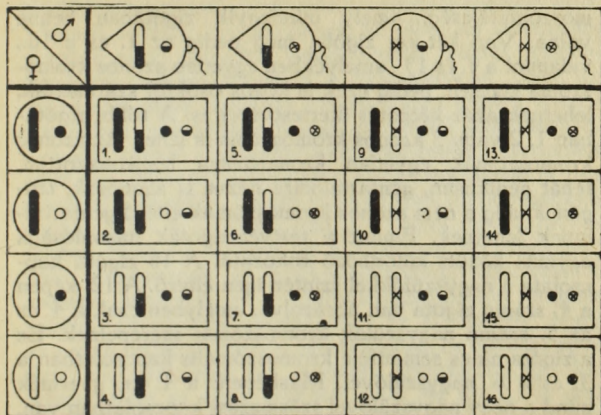
A szülőktől felfelé haladó ivadékok egyenlő részesedése azonban több mint kétséges. Elégséges csak arra gondolnunk, hogy a hatodik előivadékban (P^6) az ősök száma 64, vagyis, ha nincs rokonházasság, mindenkinek anyarésről is, aparésről is 32 dédszüelője van. Ezzel a számmal ellentétben mindenki 24 kromoszómát kap anyai és apai résről egyaránt, vagyis a 2 dédszüelő közül legfeljebb 24 szerepelhet mint kromoszómaadó mindkét résről, de ettől a szereptől elesik legalább 6, vagyis 64 közül 16ős. Ezt a jelenséget *őskiesésnek* neveztük és a kromoszómák származásának nyomkövetéséből vezettük le. A 12. képen vázoljuk egy ilyen őskiesés legegyszerűbb esetét oly lényen, amely két pár kromoszómával rendelkezik. A rajzban az 1. számú négyes az anyát, a 2. számú az apát jelenti (P^1). Az anya szülei a 3. és 4. számú négyesek, az apa szülei az 5. és 6. számú négyesek. A nagyszüelők (P^2) tehát



12. kép. Az öskiesés vázlatos táblázata.

A Z₄ számmal jelzett egyén szülői a P₁ ivadék: 1—2. sz. egyénei, még pedig balról az anya, jobbról az apa van ábrázolva. Ezek szülői, vagyis a nagyszülők a P₂-vel jelzett sorban 3, 4, 5 és 6. számmal vannak jelölve. A szövegben olvasható módon a Z₄ egyénbe csak a 4. számú anyai nagyapa és az 5. sz. apai nagyanya kromoszómái jutnak.

a 3., 4., 5. és 6. számú négyszögek. Mindegyik kromoszómái másképen vannak megjelölve. A csökkentő osztódással keletkező nagyszülői ivarsejtek egyszeres (haploid), tehát 2 tagú kromoszóma-szerelvényének egyesüléséből keletkezik az 1. sz. anya és a 2. számú apa.



13. kép. A testvérek kromoszómaszerelvényeinek összehasonlítása.

A 12. kép két szülőjének (1, 2) négy-négy-féle ivarsejtje tizenhatféleképpen kombinálhatja kromoszómaszerelvényét. E tizenhat kombinációból meglátszik e szerelvények eltérése egymástól vagy részleges egyezése egymással, látszik továbbá, hogy melyik kombináció melyik nagyszülő kromoszómáját örökölte. A 12. képen a kombinációk közül a 4. sz. van ábrázolva, mint egyik eshetőség.

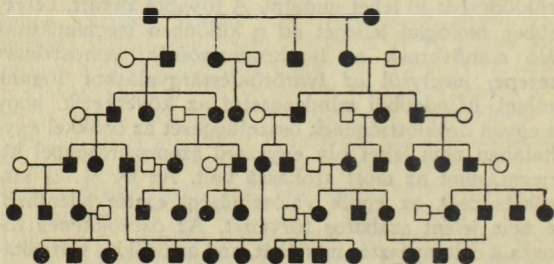
Ezekben a nagyszülők kromoszóma-szerelvénye felearányban egyesül. Mind az anya, mind pedig az apa négyféle ivarsejtet termel, amelyek kromoszóma-szerelvénye csökkentő osztódás eredményeként van a vázlaton ábrázolva. A négyféle nő és négyféle himivarsejt 16 kombinációt, vagyis 16-féle zigótát hoz létre. Ez a 16 kombináció a 13. képen van ábrázolva. Ha ezt a 16 kombinációt elemezzük, első sorban az tűnik fel, hogy ezek mindegyike eltérő egymástól, vagyis nincs két azonos szerelvényű zigóta. A kromoszómák rajzait egybevetve feltűnik, hogy a zigóták közül 8—8 legalább egy azonos kromoszómát tartalmaz, de nincs olyan kro-

moszómaféleség, amely mindegyik zigótában benne volna. Van két-két zigóta, még pedig az 1. és a 16., valamint a 4. és 13., amelyekben egyetlen azonos kromoszóma sincsen, pedig ezek is közös ősektől származtak, lehetnek akár kétpetés ikertestvérek is. A többi zigótában 1, 2 vagy 3 azonos kromoszóma is lehet. Az azonos kromoszómák egyetlen kromoszóma leszármazottjai, tehát génikusan, géntartalomra nézve is azonosak, *izogének*, míg a nem azonos kromoszómák eltérő géntartalmúak lehetnek. Emiatt a testvér-zigóták hasonlósága egymás között különböző fokozatú. A 16 zigóta kapcsolata a nagyszülőkkel szintén igen eltérő. A 12. képen a 4. számú zigóta van ábrázolva, amelyben csak a 4. és az 5. számú nagyszülők kromoszómái szerepelnek. Ez a zigóta nincs semmiféle kromoszómális kapcsolatban a 3. és a 6. nagyszülővel. Másképen: a 4. sz. gyermek mind a négy nagyszülővel származási kapcsolatban van, de nem örökölt semmit az anyai nagyanyától és az apai nagyapától, minden tulajdonsága az anyai nagyapától és az apai nagyanyától származik. Ebből az egyszerű példából is látható, hogy *a származás önmagában nem jelenti feltétlenül azt, hogy a származott egyúttal örökölt is valamit minden ősetől*, mert kromoszómaállományának összetételéhez tulajdonképpen elég apai és anyai oldalról is egyetlen nagyszülő, vagy egyetlen szépszülo és a többi kikapcsolódhatik, kieshetik. *Az egyén öröklöttségének összetételében tehát nem vesz részt feltétlenül minden ő, hanem ivadékonként anyai és apai oldalról legalább 1—1, legfeljebb pedig annyi, mint amennyi a haploid kromoszómák száma.* Ez a szépenhangzó „törvény” természetesen olyan, mint a többi elméletileg levezetett biológiai törvény, vagyis az életben gyakran nem érvényes. Beleszól ugyanis a sejtosztódásnak néhány sajátos jelensége. E jelenségek közül a legnagyobb zavart okozhatja az, ha a csökkentő osztódáskor a párosodó homológ kromoszómák nem válnak szét érintetlenül, hanem egyes részeik *kicserélődnek*. Ez annyit jelent, hogy a további ivadékokban már más össze-

tételű kromoszómák, tehát más összetételű géncsoportok vitetnek tovább. Ily jelenségek az állat- és növényországban mind nagyobb mennyiségben válnak ismertté, tehát nagy annak is a valószínűsége, hogy az egyes régi ősök bizonyos kromoszómái eredeti összetételükben már néhány ivadék mulva fel sem lelhetők. További zavaró körülmény a petének említett szerkezeti sajátága, miszerint a sejtmagon kívül citoplazmát is visz magával a zigotába. Emiatt az anya részéről plazmatikus öröklődést is ki lehet mutatni. A további zavart, helyesebben biológiai jelleget ad a különben mechanikussá váló manővernek az ivarkromoszómák: *gonoszómák* szerepe, amelyről az ivarörökléstárgyaláskor fogunk szólni. Mindebből mindenesetre az következik, hogy az egyén öröklöttségének összefüggését az ősökkel egyáltalában nem lehet oly egyszerű számszerűséggel kifejezni, mint az most szokássá vált. Az ily $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ stb. öröklés csak az egyik valószínűségi esetet jelentheti, de nem jelent szabatos törvényt. Az *öcsökkenés* fokozza a beltenyésztés mértékét, ami az öröklés biztosítását szolgálja. Ez azonban éppen úgy lehet előnyös a nemesítő tulajdonságok esetében, mint hátrányos a fogyatékoságok öröklésének elősegítése miatt. Az *öskiesés* hátrányos a nemes tulajdonságok esetleges elveszése miatt, de előnyös akkor, ha a kiesett ős magával vitte a fogyatékos tulajdonságok génjeit is. Végeredményben a felmenő családfa az ősöknek és a vizsgált egyénnek a származási kapcsolatát ábrázolja csak, de az egésznek belső értékét az öröklődési jelenségek nyomomonkövetése adhat. Erre hivatott a tudományos céllal folytatott *családkutatás*.

A lemenő (*descendens*) származási tábla az egyes leszármazottak geneológiai kapcsolata. Az ily lemenő származási táblában valamely őspár egyenes leszármazottai vannak feltüntetve, a beházasodások csak jelezve vannak, mert a beházasodók leszármazása már egyszerűen nem tüntethető fel, vagyis az őspár minden leszármazottja ábrázolható, de az egyes ábrázolt szemé-

lyek minden őse nem. Az ily táblázat a származás ki-mutatására nem használható, hanem inkább az öröklés feltüntetésére, mert rajta a kiindulásul választott pár mindkét, vagy egyik tagja valamely tulajdonságának öröklődését, vagyis az illető tulajdonságok megjelenését az utódnemzedékek egyes tagjain kifejezésre juttathatja. Bizonyos tulajdonságok örökletességének feltüntetésére egyesített részleges felmenő és lemenő táblázatokat is szokás készíteni.



14. kép. Lemenő származási táblázat.

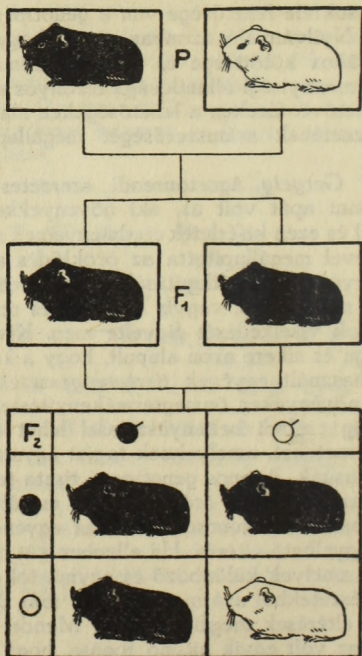
Ebben a táblázatban legfelül egy őspár van ábrázolva, balról az ükapa négyzettel és jobbról az ükanya körrel. Ebből van levezetve öt ivadék, amelyben feketén vannak ábrázolva az egyenes leszármazottak (51 származék) és fehéren a beházasodottak. Ezen a táblázaton meg lehet jelölni bizonyos tulajdonságok öröklődését.

V. A MENDELIZMUS.

Az öröklődés sejttani alapjairól szólva megállapítottuk, hogy a fogamzáskor a két szülő génjei egyesülnek és szintetikusán megalkotják az egyén genotipusát, az ivarsejtek keletkezésekor viszont a gének ismét szétszóródnak és a diszperzióval osztják szét az ivarsejtek között a szülőben egyesült tulajdonságok génjeit. Elképzelhető, hogy az ivarsejtek keletkezésekor a szülői kromoszómák

mily változatos átcsoportosításokat szenvedhetnek és az ily különböző összetételű him- és nőivarsejtek egyesülésekor mily sokféle lehetősége van a genotípusok kialakulásának. Nyilvánvaló azonban az is, hogy a gének kromoszómához kötöttsége és a kromoszómáknak viszonylagos mennyiségi állandósága bizonyos számításokat tesz lehetővé. Ezeken a lehetőségeken alapul az átöröklés menetének számszerűségét megállapító *men-delizmus*.

Mendel Gergely ágostonrendi szerzetes (1822—1884), brünni apát volt az, aki növényekkel végzett kísérleteivel és ezen kísérletek eredményeinek számszerű kiértékelésével megállapította az öröklődés alaptörvényeit. E törvények megállapításához olyképen jutott el, hogy az ú. n. hibridek, vagyis keresztezés révén létrejött ivadékok viselkedését figyelte meg. Kísérleteinek szabatossága és sikere azon alapult, hogy a keresztezésekhez felhasznált egyének *tisztatenyészetekből* származtak. A növényeken önmegtermékenyítéssel, az állatokkal pedig családi beltenyésztéssel lehet elérni oly tiszta tenyészeteket, amelyeknek tagjai egymással azonos genotípusúak. Azonos genotípusú tiszta tenyészeteken belül azonban az öröklésmenet megállapítására semmi támasztékunk nincsen, mert az egyének között nincs megfigyelhető eltérés. Ha ellenben két oly egyént párosítunk, amelyek különböző és egymástól génikusan eltérő tenyészetekből származnak, úgy már útmutatást kapunk az eltérések megfigyelésére. Mendel Gergelynek éppen az volt egyik kitűnő fogása, hogy tiszta tenyészeteket használt fel kísérleteihez és a keresztezések módszeresen fejlesztette ki. Az első kísérletben az egymással keresztezett növények csak egyetlen örökletes tulajdonságban tértek el egymástól, úgy, hogy a keresztezésből származó *monohibrid* ivadékaiban a tulajdonság fellépésének eshetőségeit megfigyelhette. Később az eltérések mennyiségét fokozatosan emelte és így fokozatosan beigazoltnak látta a monohibrid származékain megállapított alapfeltételeket. Mellőzve a növé-

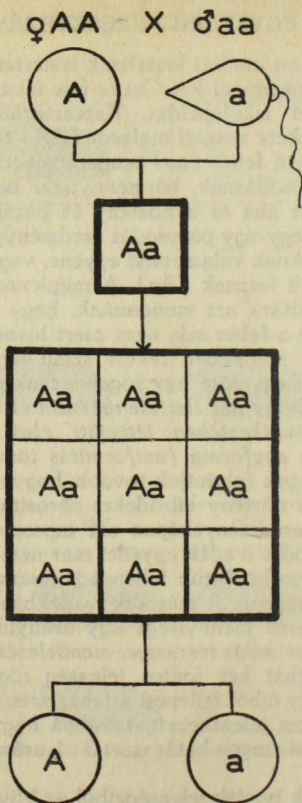


15. kép. Egyszerű keresztezés vázlata.

A *P*-vel jelzett ősvadékok két tagja közül az egyik fekete, a másik fehér. E kettő keresztezéséből jön létre az első fiókivadék (*F*₁), melynek minden tagja fekete. Ezek párosításából keletkezik a második fiókivadék (*F*₂), amelynek tagjai közül háromnegyed rész fekete és egynegyed rész fehér. Az *F*₂ táblázatában felül a fekete és fehér hímivarsojtek, balról a fekete és fehér nőivarsojtek vannak ábrázolva. (Arató Gy.)

nyekkel végzett eredeti kísérletek ismertetését, az alapfogalmak megértéséül két Castle-féle állatkísérletet tárgyalunk, mint iskolapéldát. Keresztezünk egy tisztatényészetű fekete tengeri malacot (AA) egy ugyancsak tisztatényészetű fehér (aa) tengerimalaccal (15. és 16. kép). A párosodásnak, bármennyiszer ismétli azt meg a kiválasztott him és a nőtény és bármennyi kölyök keletkezik is egy-egy párosodás eredményeképen, ennek az első ivadéknak valamennyi egyéne, vagyis a hibridek fekete színűek lesznek (Aa). A mindennapi nézet szerint ennek láttára azt mondanánk, hogy a fekete szín öröklődik, de a fehér szín nem, mert hiszen valamennyi utód az első ivadéokban fekete színű lett és egy sem lett fehér. Mi egyelőre úgy fogalmazzuk meg a kísérlet eredményét, hogy *két tisztatényészetű eltérő egyén keresztezése következtében létrejött első ivadék valamennyi tagja egyforma (uniformitás törvénye)*. A kísérletet olyképen folytatjuk tovább, hogy az ivadék tagjait, a him és nőtény hibrideket párosítjuk egymással. E párosítás eredményeképen azt tapasztaljuk, hogy a létrejött második ivadék egyedei már nem lesznek mind feketék, hanem közöttük fehérek is lesznek, még pedig 25% mennyiségben. A második ivadéokban tehát a feketék és a fehérek mennyisége úgy aránylik egymáshoz, mint 3 : 1 (*Szétválás törvénye, mendelezés*). A második ivadéokban tehát két fontos jelenség rögzítendő, még pedig az, hogy újból fellépett a fehér szín, amely az első ivadéokban nem jelentkezett, továbbá hogy a fekete és a fehér szín bizonyos határozott 3 : 1 arányszám szerint jött létre.

A második ivadék jelenségeiből az következik, hogy a fekete és a fehér szín nem azonos öröklődési értékű. Az a körülmény ugyanis, hogy a második ivadéokban a fehér szín újból megjelent, arra enged következtetni, hogy ez megvolt az első ivadék tagjaiban, a hibridekben is, de azokon nem érvényesülhetett. Érvényesülésében megakadályozta a fekete szín. A fekete szín (A) e szerint az *elnyomó, dominans* értékű, a fehér szín (a) pedig



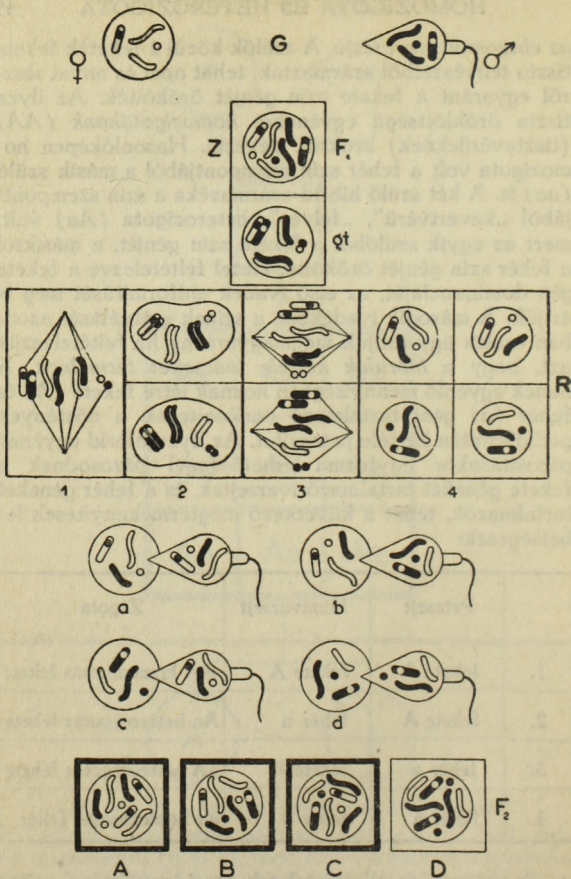
16. kép. Az egyszerű keresztezés betűjelzései.

Legfelül a keresztezett nőstény (AA) és a him (aa), alattuk az ivarsejtek (A és a), majd ezek egyesüléséből származó zigota (Aa). Ebből a zigotából osztódással jön létre a test, melynek minden sejtje az Aa-génpárt tartalmazza. E testből fejlődő ivarsejtek kétfélék, még pedig tiszta A és tiszta a tartalmúak.

az *elnyomott, recesszív*. A szülők közül a feketék fekete tiszta tenyészetből származtak, tehát apai és anyai részről egyaránt a fekete szín génjét örökölték. Az ilyen tiszta öröklöttségű egyéneket *homozigotáknak* (AA) (tisztavérűeknek) szoktuk nevezni. Hasonlóképpen homozigota volt a fehér szín szempontjából a másik szülő (aa) is. A két szülő hibrid-származéka a szín szempontjából „kevertvérű”, „félvér” heterozigota (Aa) volt, mert az egyik szülőből a fekete szín génjét, a másiktól a fehér szín génjét örökölte. Ezzel feltételezve a fekete gén dominanciáját, az első ivadék uniformitását meg is értjük. A második ivadéokban a színek szétválását azonban csakis úgy tudjuk megmagyarázni, ha feltételezzük azt, hogy a *hibridek kétféle ivarsejtet termelnek*. A hímek egyenlő mennyiségben hoznak létre fekete (A) és fehér (a) gént tartalmazó ondósejteket, a nőstények pedig szintén kétféle petesejtet. Az ilyen hibrid egyének párosításakor egyforma eshetőséggel párosodnak a fekete géneket tartalmazó ivarsejtek, és a fehér géneket tartalmazók, tehát a következő megtermékenyítések lehetségesek:

	Petesejt	Himivarsejt	Zigota
1.	fekete A	fekete A	AA homozigotás fekete
2.	fekete A	fehér a	Aa heterozigotás fekete
3.	fehér a	fekete A	aA heterozigotás fekete
4.	fehér a	fehér a	aa homozigotás fehér

A növény- és állatkísérletek ezrei igazolták a számárány állandó fellépését. Ez már önmagában is bizonyítaná azt, hogy a hibridben lévő génpárok allél tagjai az ivarsejtek keletkezésekor egymástól szétválva jut-



17. kép. A mendelezés és a kromoszómák kapcsolata.

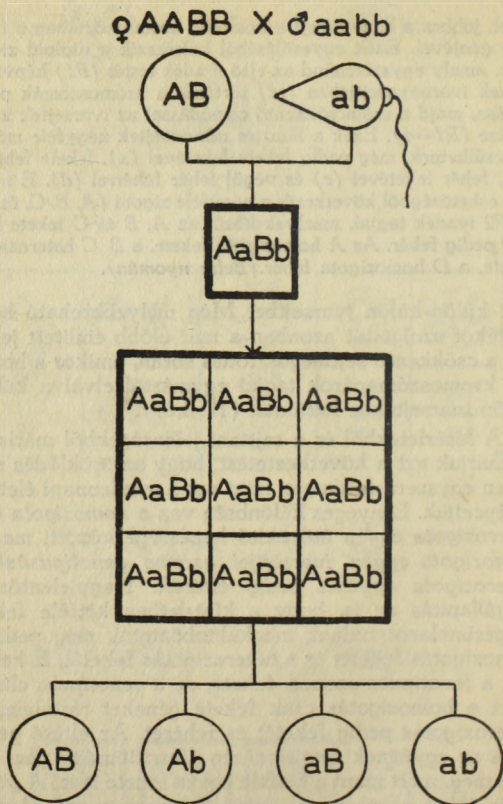
Legfelül a keresztező szülők ivarsejtjei (G), még pedig balról a petesejt az egyik kromoszómában a fekete szín gén-

jével, jobbra a himivarsejt a homológ kromoszómában a fehér szín génjével. Ezek egyesüléséből keletkezik a diploid zigota (Z), amely egyszersmind az első ivadék testét (F_1) képviseli. Ennek ivaranyasejtjében (gt) történik a kromoszómák párosodása, majd a számcsökkentő osztódással az ivarsejtek keletkezése (R_1-4). Ezek a him- és nőivarsejtek négyféle módon egyesülhetnek, még pedig fekete feketével (a), fekete fehérrel (b), fehér feketével (c) és végül fehér fehérrel (d). E négyféle eshetőségből következik a négyféle zigota (A, B, C , és D), az F_2 ivadék tagjai, amelyek közül az A, B és C fekete lesz, a D pedig fehér. Az A homozigota fekete, a B, C heterozigota fekete, a D homozigota fehér. (*Belar nyomán*).

nak külön-külön ivarsejtbe. Még mélyebbreható bizonyítékot szolgáltat azonban a már előbb említett jelenség a csökkentő sejtmeosztódás során, amikor a homológ kromoszómapárok tagjai egymástól elválva külön-külön ivarsejtekbe kerülnek (17. kép).

A kísérletekből és a sejtteni jelenségekből máris levonhatjuk azt a következtetést, hogy az öröklődés nem olyan egyszerű folyamat, mint azt a mindennapi életben elképzeljük. Lényeges különbség van a *homozigota* és a *heterozigota* egyén átörökítő képessége között, mert a *homozigota egyén ivarsejtjei azonos genotipusúak*, a *heterozigota egyénéi pedig eltérők*. Nagyjelentőségű megállapítás az is, hogy a kísérletben kétféle fekete tengerimalacot tudunk megkülönböztetni, még pedig a homozigotás feketét és a heterozigotás feketét. E kettőnek a fenotipusa azonos, fekete, de a genotipusa eltérő, mert a homozigotás csak fekete géneket tartalmaz, a heterozigotás pedig feketét és fehérét. Az eltérő genotipus az egyénnek megjelenésén (fenotipusán) nem látszik meg, mert mind a kétféle egyén fekete lesz. A *genotipus tehát az egyénről magáról gyakran nem, hanem rendszerint az utódaiból visszakövetkeztetve állapítható meg*.

A monohibrid keresztezések eme alapjelenségeiből vezethetők le azok a kísérleti megállapítások is, amelyek már a kétszeres, háromszoros vagy többszörös di-, tri-



18. kép. A kettős keresztezés betűjelzései.

Legfelül a keresztezett nőstény (A A B B) és a him (a a b b), alattuk az ivarsejtek (A B és a b), majd ezek egyesüléséből származó zigota (A a B b). Ebből a zigotából osztódással jön létre a test, melynek minden sejtje az A a B b két génpárt tartalmazza. E testből fejlődő ivarsejtek négyfélék, még pedig A B, A b, a B, a b.

vagy polihibridekre vonatkoznak. Tegyük fel, hogy a keresztezett két tengeri malac közül az egyik fekete rövidszőrű ($AABB$), a másik pedig fehér hosszúsőrű ($aabb$) (18. kép). A két tulajdonságpár tehát: a fekete-fehér ($A-a$) és a rövid-hosszú ($B-b$) szőr. A keresztezés eredményeképpen fellépő első ivadék valamennyi tagja fekete rövidszőrű ($AaBb$) lesz, ami arra mutat, hogy ismét a fekete dominál a fehér felett és a rövidség a hosszúság felett. Ha két ilyen dihibridet egymással párosítunk, azt tapasztaljuk, hogy a létrejött nagyszámú utód kétharmad része fekete és egyharmad része fehér, a feketék kétharmad része rövidszőrű, egyharmad része hosszúsőrű, továbbá a fehérek kétharmad része rövidszőrű és egyharmad része hosszúsőrű. E szerint négyféle alak jön létre: a fekete rövidszőrű és fehér hosszúsőrű szülőalak (rekombináció) és két új neokombináció (fekete hosszúsőrű és fehér rövidszőrű). Ezek számaránya az alábbi táblázatból látható. Figyelembe véve azt, hogy a dihibridnek négyféle (AB, Ab, aB, ab) ivarsejtje van egyenlő mennyiségben, 16 kombináció jöhet létre:

$\begin{matrix} \text{♀} \\ \text{♂} \end{matrix}$ +	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB 1	AABb 2	AaBB 9	AaBb 13
Ab	AABb 2	Aabb 6	AaBb 10	Aabb 14
aB	AaBB 3	AaBb 7	aaBB 11	aaBb 15
ab	AaBb 4	Aabb 8	aaBb 12	aabb 16

9 fekete rövidszőrű (1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13), 3 fekete hosszúsőrű (6, 8, 14), 3 fehér hosszúsőrű (11, 12, 15) és 1 fehér rövidszőrű (16).

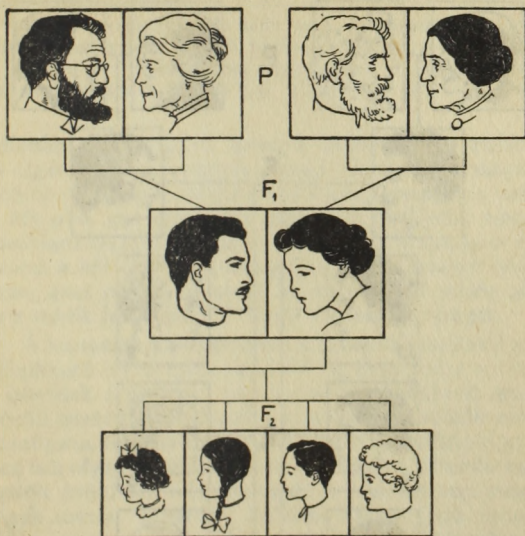
Ami az egyes kombinációk genotípusát illeti, meg kell jegyeznünk azt, hogy minden egyes fenotípusból csak egyetlen homozigóta lesz. Tehát a dihibrid esetében a 16. kombináció közül 4 homozigóta lesz az 1., 6.,

11. és 16. számú. Ez a jelenség azért fontos, mert a recesszív tulajdonságok csakis homozigota állapotban érvényesülnek. A monohibrid második ivadékaiban összesen az $\frac{1}{4}$ rész fehér volt homozigota, de a $\frac{3}{4}$ rész fekete közül csak egy volt homozigota és kettő heterozigota. A dihibridben a 9 fekete rövidszőrű közül csak egy homozigota (1. számú) és 8 heterozigota, viszont az egyetlen fehér hosszúszőrű feltétlenül homozigota (16. sz.). Figyelemre kell méltatnunk azt a jelenséget is, hogy az a fenotípus, amely a második ivadékaiban az első ivadékkal ellentétes tulajdonságokat viseli, vagyis rajta a recesszívek érvényesülnek, feltétlenül homozigota.

A keresztezés eme alapjelenségeit az elmélet lerögzítése céljából alkalmazhatjuk az emberre is. A 19. képen közöljük azt az esetet, amikor a hajszín öröklését emeljük ki a többi tulajdonság közül. A barna hajszín dominál a szőke hajszín felett. Két homozigotáknak feltételezett házaspár egyik tagja barna, a másik szőke. Gyermekük heterozigota-barnák. Az egyik házaspár fia egybekél a másik házaspár leányával. Az egybekelés eredményeképpen létrejött gyermekek hajszíneiben a valószínűségi arány: 3 barna; 1 szőke. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a hajszín-öröklés nem így egyszerű és sablonos, mert a színek több gén kölcsönhatására jönnek létre, sőt a fejlődés folyamán átalakulhatnak.

Másik (20.) képünkön 3 tulajdonságpárt tételezünk fel, még pedig a barna és szőke hajszínt, a sima és göndör haját, végül a hajlott és nyerges orrot. A táblázatos összeállításból nemcsak a várható nyolcféle fenotípus látható meg, hanem az is megállapítható, hogy a 64 kombináció közül melyik mily mennyiségben, tehát mily valószínűséggel és gyakorisággal jöhet létre.

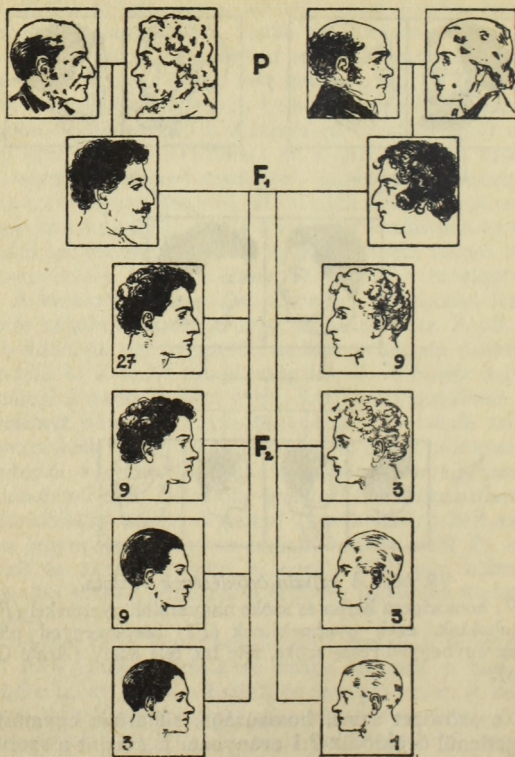
A kombinációs keresztezési kísérletekből és az előbb leírt két elgondolt példából több igen fontos következtetést vonhatunk le. Az egyik a már *Mendel Gergely* által megállapított törvény, a *tulajdonságok független öröklődéséről*. Ez annyit jelent, hogy az említett példák-



19. kép. A hajszín öröklésének vázlata.

P : homozigóta barna és szőke nagyszülők gyermekei (F_1) barnahajúak, ezek gyermekeinek (F_2) háromnegyed része barna, egynegyed része szőke, fele fiú, fele leány (Árató Gy. rajza).

ban a szőrizet színe, hosszúsága, simasága egymástól függetlenül öröklődik 3:1 arányban. E szerint a szervezeteknek a tulajdonságai az öröklődésben egymást egyáltalában nem befolyásolják, hanem önállóan követik saját útjukat az ivarsejtek közvetítésével. Ez a törvény valóban érvényes mindazokra a tulajdonságokra, amelyeknek génjei nincsenek ugyanabban a kromoszómában elhelyezve. A másik fontos következtetés arra vonatkozik, hogy kétféle tulajdonságot tudunk egymástól meg-



20. kép. Három tulajdonságpár öröklésmenete emberen.

A nagyszülők (P) közötti eltérések a haj barna és szőke színe, simasága és göndörsége, az orrhát domborúsága és nyergessége. Domináns tulajdonságok a haj barna színe és göndörsége, valamint az orr hajlottsága. Ezek a tulajdonságok érvényesülnek az F₁-ivadékon. Két ily egyén párosodásából nyolcféle gyermek keletkezhetik: barna-göndör-hajlottorrú,

barna-göndör-nyergesorru, barna-sima-hajlottorrú, barna-sima-nyergesorru, szöke-göndör-hajlottorrú, szöke-göndör-nyergesorru, szöke-sima-hajlottorrú és végül szöke-sima-nyergesorru. A Mendel-féle valószínűségi számarányok az egyes típusoknál jelezve vannak (*Arató Gy.* rajza).

különböztetni, olyant, amelyik dominansan öröklődik és olyant, amely recesszív marad. Ehhez a két megállapításhoz fűzhetjük még azt a ritkább jelenséget is, amely a két allél gén egymásra hatásában nyilvánul meg. A dominans-recesszív viszony ugyanis gyakran nem éles, hanem a két allél gén intermediális tulajdonságot hozhat létre, mint pl. növényeknél az egyik szülő vörös génje és a másik fehér génje a hibrid rózsaszínű virágát.

A harmadik következtetés a második ivadéktól megállapítható jelenségből szűrhető le, még pedig az, hogy a hibridek (félvérek) párosodásából keletkező utódok között ismét megjelenhetik a kiinduló nagyszülők eredeti fenotípusa (*rekombináció*), de létrejön a dihibrid esetben hat olyan *neokombináció*, amelyek a kiinduló nagyszülők örökletes tulajdonságait a valószínűségi eshetőségek szerint keverten öröklik. Hozzá kell azonban ehhez az egyszerű kombinatorikához fűznünk azt a sok kísérlettel igazolt biológiai tapasztalatot, hogy a hibrid vagy a hibrid származékai oly új tulajdonságot is produkálhatnak, amelyek az ősökben nem voltak meg (*neomorfia*), hanem a keresztezéssel összekerülő *nem allél* gének egymásrahatásának, gyakran elfedett gének felszabadulásának következményei. Ez az „új” tulajdonság lehet teljesen elfogadható, életképes és öröklődő, vagyis a szervezet harmóniáját biztosító szerzemény, de lehet oly összetétel, amely diszharmóniát, rendellenes, fogyatékos fejlődést, alaki és szerkezeti sajátságot vagy működést okoz. Ez a diszharmónia a zigota életképtelenségét (zigotikus letalitás), a magzat elhalását (embriónalis letalitás) is okozhatja, vagy megakadályozhatja a születés után is a fejlődést (szubletalitás). A hibridek (félvérek, korcsok) ivarsejtjeinek képződésekor is

gyakran előfordul, hogy ezek életképtelenek (gametikus letalitás), a nem allél gének egymásrahatása miatt.

Már a részletek és példák ismertetése nélkül ezek a pusztá utalások is arra mutatnak, hogy a szervezet megalapításakor, a megtermékenyüléskor összekerülő gének oly *szerves rendszert* alkotnak, amely nem egyszerű számtani kombináció eredménye, sem mozaik-kövekből (génekből) összeillesztett kép, hanem biológiai egység, melyekben a gének harmonikus összeműködése a leglényegesebb. A zenekarban ugyanazok a hangok, amelyek hangzavaros lármát adhatnak, fenséges szimfóniává is egyesülhetnek.

A harmónikus fejlődést és működést összhangzó gének együttműködése biztosítja. Ez nem annyit jelent, hogy a párosodó felek ne legyenek egymástól eltérők, csak annyi követelhető meg, hogy ne legyen közöttük oly ellentét, amely diszharmóniát okoz. Ennek megállapítása kísérlet dolga, de máris az a tapasztalat, hogy sok génben eltérő fajták és fajok közötti keresztezés diszharmóniát, gyakran letalitást okoz. Ezzel ellentétben a keresztezést, általában az ivaros nemzést magát is örökletes eltérések teszik csak lehetővé. Ez az eltérés elsősorban az ú. n. nemi jellegekben, tehát az ivarszerveken és az ivarsejteket létrehozó ivarmirigyekben rejlik, de ezekhez csatlakozik még egész sora az ú. n. másodlagos nemi jellegeknek, amelyek a test igen sokféle vonatkozásában érvényesülnek. Ugyanazok a tulajdonságok másképen jelennek meg a férfin, mint a nőn. Oldalszámra sorolhatnánk fel azokat az elméleteket, amelyek a nem meghatározására vonatkoznak és amelyeknek nyílt vagy rejtett célja egyúttal az is volt, hogy miképen volna lehetséges külső hatásokkal a nem kialakulását irányítani.

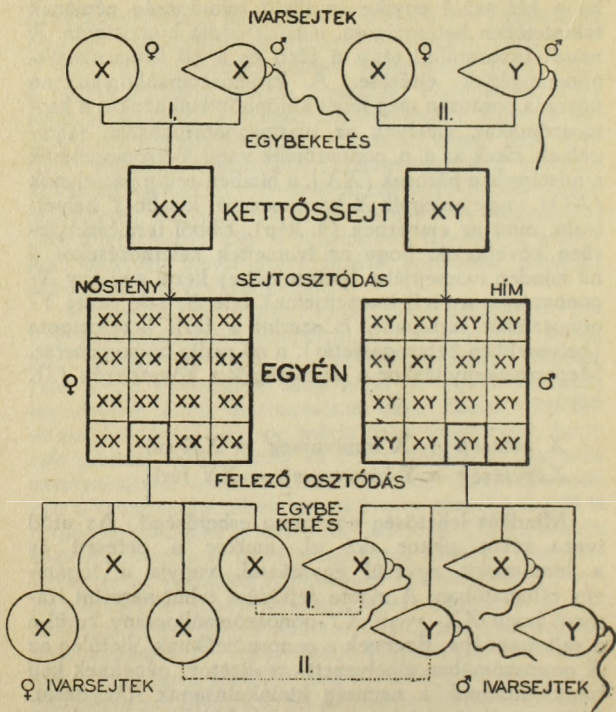
A mendelizmussal kapcsolatban a *nem (ivar)* öröklésének kérdése is a helyes mederbe terelődött. A megoldás két tapasztalati jelenségre támaszkodik. Az egyik az, hogy a férfiak és nők aránya megközelítőleg 50 százalékos. Ily 50%-os öröklés akkor következik be,

ha a két szülő egyike az illető tulajdonság génjének tekintetében heterozigota, másika pedig homozigota. A másik tapasztalati tény a férfi és a nő kromoszómaállományának eltérése. A kromoszómaállományban ugyanis pontosan meg lehet különböztetni azokat a kromoszómákat, amelyek az ivarmeghatározásban szerepelnek. Ezek az ú. n. gonoszómák vagy X-kromoszómák a nőstényben párosak (XX), a himben pedig páratlanok (XO) vagy az egyik X kromoszómát kisebb Y helyettesíti, mint az emberben (4. kép). Ebből természetesen következik, hogy az ivarsejtek keletkezésekor a nő minden ivarsejtjébe (petesejtjébe) kerül egy-egy X-gonoszóma, a férfi ivarsejtjeinek fele X, fele pedig Y-gonoszómát tartalmaz. E szerint a férfi heterozigota (helyesebben heterogametás), a nő pedig homogametás. Megtermékenyítéskor a lehetőségek a következők (21. kép):

$X \text{ petesejt} + X \text{ himivarsejt} = XX \text{ nő}$

$X \text{ petesejt} + Y \text{ himivarsejt} = XY \text{ férfi.}$

Mindkét lehetőség egyforma eshetőségű. Az utód ivara tehát akkor dől el, amikor a petesejt és a himivarsejt egyesül egymással, vagyis a fogamzás pillanatában. A zigota fejlődése tehát aszerint irányul, hogy XX- vagy XY-gonoszómaállomány kerül-e a sejt magvába. Ezeknek a gonoszómáknak, illetőleg az X gonoszómában elhelyezett „realizátor” géneknek kell tulajdonítanunk a nemiség kialakulásának irányítását. Bizonyos élettani jelenségek indokoltá teszik azt, hogy magát a nemiséget meghatározó géneket az autoszómákba, vagyis gonoszómákon kívül a többi kromoszómákba helyezzük. Ezekről a génektől az egyének *biszexuális* képességűek lesznek, vagyis minden egyénben benne rejlenek a him- és nő-irányú fejlődés lehetőségei, de ezt a fejlődést az X-gonoszómában elhelyezett realizáló gének irányítják olyképen, hogy egyetlen X-esetben him, kettő esetében a női ivarjelleg alakul meg.



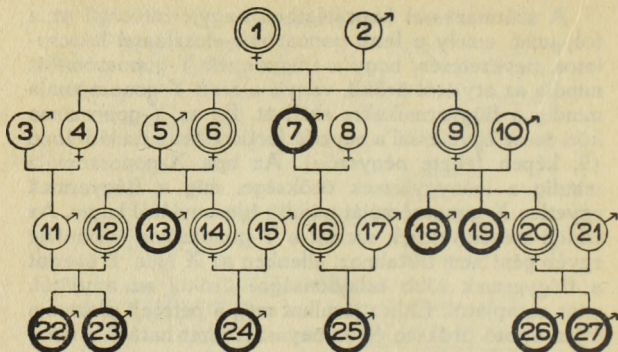
21. kép. Az ivar öröklésének vázlatja.

A baloldali I. menetben X tartalmú petesejt és X tartalmú himivarsejt egyesül. Ebből XX tartalmú nőstény keletkezik, melynek minden petesejtében X gonoszóma lesz. Jobboldalt a II. menetben a petesejt X tartalmú, a himivarsejt pedig Y tartalmú. Ezek egyesüléséből XY tartalmú him keletkezik. Ennek ivarsejtjei felerészben X, felerészben Y tartalmúak. Az ivarsejtek között kétféle egybekelés lehetséges, még pedig az XX (I) és XY (II).

A származással kapcsolatban nagyjelentőségű az a folyamat, amely a fenti gonoszóma-eloszlással kapcsolatos, nevezetesen, hogy a fiúgyermek Y-gonoszómáját mindig az atyjától öröklí, vagyis a férfi Y-gonoszómája mindig a fiúgyermekre száll át. Ez az Y-gonoszóma köti össze egymással a *névadó* férfiősöket a családfában (9. képen fekete négyszög). Az apa X-gonoszómája mindig a leánygyermek öröksége, míg a fiúgyermek egyetlen X-gonoszómáját mindig édesanyjától kapja. Az eddigi megfigyelések szerint a Y-gonoszóma semmiféle egyéb gént nem tartalmaz, ellenben az X igen. E szerint a fiúgyermek több tulajdonságot örököl az anyjától, mint az apjától. Ehhez járulhat még a petesejt plazmája útján átjutó örökség és az anyaszervezet hatása a magzatra.

A nemiség öröklődésével kapcsolatban meg kell még említenünk a nemhez kötött öröklést és a nemiséggel összefüggő öröklést. Az első példája a vörös-zöld színvakság, vagy a vérzékenység. Ezek az X^{+} -gonoszómában elhelyezett génnel öröklődő recesszív rendellenességek, amelyek akkor érvényesülnek, ha a zigota összetétele $X^{+}Y$, vagyis férfi. Ha ellenben egy rendellenes (X^{+}) és egy normális (X°) gonoszóma találkozik egymással ($X^{+}X^{\circ}$), ez utóbbi X° dominációja miatt nem juthat érvényre a recesszív rendellenesség. Emiatt az ily nő ($X^{+}X^{\circ}$) egészséges, de továbbítja a rendellenesség génjét. Az ily nő „konduktor”, maga nem beteg. Csak $X^{+}X^{+}$ nő lehet beteg, ami vérzékenység esetében konduktor nő ($X^{+}X^{\circ}$) és vérzékeny férfi ($X^{+}Y$) házasságából származhatik (22. kép).

A nemiséggel összefüggő öröklés annyit jelent, hogy valamely torzulás vagy megbetegedés az első vagy másodlagos ivarjelleghez tartozik, a nemzőszervekkel, ivarmirigyekkel kapcsolatos, tehát vagy a him- vagy a nőnemű egyénen fordulhat elő (pl. lágyéksérv csak férfin, emlőrák nők.) Egyébként a nemiség már önmagában is irányítója az egyén teljes öröklöttségének, mert ugyanazok a gének himben (férfiben) másképen, másmódon



22. kép. A vérzékenység öröklése.

Viktória angol királynő (1) konduktor volt a vérzékenység betegségének rejtett génjével. Leszármazottai között a feketén bekeretezett tíz férfi pusztult el vérzékenységben és hat nő volt konduktor (felsorolást lásd Szabó: Az átöröklés 394. oldal).

érvényesülhetnek, mint a nőtényben (nőben), miáltal a teljes szervezet az ivar szerint állítódik be fejlődésének ritmusában, alaki sajátságaiban és életműködésében (ivari kétalakúság).

Az állatokkal és növényekkel végzett kísérletek az említett öröklésmódokon kívül még megállapították azt, hogy bizonyos tulajdonságok létrehozásában több gén részes. Az eddig ismertetett egyetlen gén által meghatározott monomer tulajdonságokkal szemben meg kell különböztetnünk a *polimer* tulajdonságokat, amelyek 2, 3, 4 vagy még több egyirányú, tehát nem ellenlábas gén együttműködésére alakulnak meg, aminek következménye az, hogy az illető tulajdonság a gének mennyisége szerint eltérő erősségben mutatkozik. Ily gencsoportok határozzák meg mindazokat a tulajdonságokat, amelyek különböző *fokozatban* jelennek meg (pl.

test- és testrészméretetek, magasság, színek, hajlamok, képességek). Mivel még az azonos méretű egyének származékaiban is az egyirányú gének különböző megnyilvánulásban vehetnek részt, a genotípus összetételében az ily öröklést *fokozatos öröklésnek* nevezzük. Ennek az eredménye pl. az azonos korú emberek különböző testmagassága. Másik érdekes jelenség abban nyilvánul meg, hogy egyes tulajdonságokra vonatkozólag nem két-, hanem *több ellenlábass* gén állapítható meg, amelyek a homológ kromoszómáknak azonos helyén vannak (multiplex allélia). A hajszerre vonatkozólag pl. az allélgéneknek egész sora van hatással, amelyek egymás között fokozatosan dominálnak a sötétől kezdve egészen a fehérig. Ily sorozatok pl.

A	\succ	a_4	\succ	a_3	\succ	a_2	\succ	a_1	\succ	a
sötétbarna		barna		szőke		világosszőke		fakósszőke		fehér
fekete		sötét-		közép-		világosszürke		ezüst		fehér
		szürke		szürke						

Hasonlóképpen többszörös ellenlábasság nyilvánul meg az ember vércsoportjainak öröklésében is. Tudvalevő, hogy az ember négy vércsoportba (*Landsteiner* 1900) tartozhatik, melyek jele: I (AB), II (A), III (B) és IV (0). Öröklődésvizsgálatok szerint a vércsoport öröklése *három* ellenlábass génhez fűződik, amelyek dominanciája a következő: $B \succ A \succ R$; ezek közül a B dominanciája az A felett jelentéktelen. Az R -gén a 0 vércsoport génje. Ez recesszív az A -val és B -vel szemben és csak homozigota RR -alakban érvényesül, de csak a 0 vércsoportban. A három gén a következő csoportosításokban fordulhat elő: AA , AR ; BB , BR ; AB ; RR .

Ezek közül AA és AR megfelel az A vércsoport homozigota és heterozigota alakjának, a BB és BR hasonlóképpen a B vércsoportnak, marad a mindig heterozigota AB és a mindig homozigota RR lehetőség; előbbi az AB , utóbbi a 0 vércsoport genotípusa. Az

öröklést a szülők vércsoportjának genotípusa szabja meg, az ivarsejtek tisztaságának alapján.²

Ha két homozigóta A vércsoportú egyén házasodik, vagyis mindegyik genotípusa AA , akkor minden gyermekük homozigóta A vércsoportú lesz. Ha ellenben heterozigóta A vércsoportú a két szülő ($AR \times AR$), akkor a gyermekek között A és O vércsoportú egyaránt előfordulhat a monohibrid vázlat szerint:

Apa: Any:	A	R
A	AA_1	AR_3
R	AR_2	RR_4

Mind az apa, mind pedig az anya kétféle, A és R ivarsejtet termel, tehát 25% valószínűséggel homozigóta A vércsoportú (AA), 50% valószínűséggel heterozigóta A vércsoportú (AR) és 25% valószínűséggel homozigóta O vércsoportú (RR) lesz az utód. A legnagyobb változatosságú az öröklődés akkor, ha heterozigóta A (AR) és heterozigóta B (BR) a két házasuló egyén, mert az utódok mind a négy vércsoportot képviselhetik:

1 : AB , 2 : A , 3 : B , 4 : O

Apa: Any:	A	R
B	$_1 AB$	$_3 BR$
R	$_2 AR$	$_4 RR$

² V. ö. Groh-Szabó: Fehérjék, vércsoportok. A természettudományok elemei. 5. füz. Term. tud. Társ. 1937; Méhely L.: A vércsoportok faji jelentősége. Budapest, 1930. — Vér és faj. A Cél 1939.

Ily kombinációs számvetések szerint a lehetőségek kiszámíthatók bármely vércsoportot illetően. A nehézség csak abban rejlik, hogy bár az egyén vérvizsgálatából pontosan megállapítható az, hogy melyik vércsoportba tartozik, de az *A* és a *B* vércsoportú egyének homo- vagy heterozigóta volta (*AA* vagy *AR*, *BB* vagy *BR*) nem állapítható meg. Erre csak gyermekei vércsoportjából lehet visszafelé következtetni. Ezen a következtetésen alapul az a kirekesztő eljárás is, amely szerint az anya és a gyermek vércsoportjának ismeretéből lehet következtetni az esetleg kétes apa vércsoportjára.

VI. EGYÉNISÉG ÉS FAJISÁG.

A származás és öröklődés tanulmányozásának egyenes következménye az *egyén* összetételének felismerése, továbbá a közös származás és rokonság révén biológiai egységet alkotó egyéntömegnek a feltételezése, amely egyéntömegre biológiai szemszögből a faj fogalmát alkalmazhatjuk. Az örökléstudomány megállapította azt, hogy az egyén tulajdonságainak összességét az ősektől származó gének alakítják ki a külső körülmények hatása alatt. E szerint az egyén kialakulásában tulajdonképpen két tényező-komplexum szerepel, még pedig az öröklődés, amely megállapítja az egyén öröklöttségét (genotípusát) és a környezet, amely a szervezeten részben az öröklött tulajdonságok kifejlődését irányítja, részben pedig létrehozza a szerzett tulajdonságokat. E szerint az egyén tulajdonságait két csoportba foglalhatjuk: az *öröklöttség* (genotípus) és a *szerzettség* (paratípus) csoportjába („vér és rög”, „nature and nurture”).

Már az eddigi közléseimből is megállapíthatjuk, hogy semmiféle faj keretében sem lehetséges két oly egyén keletkezése, amely két egyén élete folyamán teljesen egyezően alakuljon meg és fejlődjék ki. Ha lehetséges is ivartalan szaporítással vagy egypetés ikrek keletke-

zésével azonos genotípusú egyének létrejötté, ezek között kétségtelenül eltérések, módosulások keletkeznek a külső hatásokra. Minden egyén nyugodtan elmondhatja magáról, hogy nincs még egy olyan egyén mint ő. Az egyének közötti éles különbségeket elsősorban is az öröklöttség eltérései okozzák, miért is még ezzel a fogalommal kell kissé foglalkoznunk.

Az öröklöttség, vagyis a genotípus, mint már többször ismételtük, a fogamzáskor keletkezik az apai és anyai ivarsejtek génállományának (génomjának) egyesülésével. A zigota tehát kettős genomot foglal magában, vagyis minden tulajdonságot két allél gén határoz meg. A mendelizmusról mondottakból tudjuk, hogy az allél gének közötti harc állapítja meg azt, hogy melyik gén, az apai-e, vagy anyai fog érvényre jutni az egyénen, vagy pedig a kettőnek együttes eredményeképpen közbülső tulajdonság fog kialakulni. Amikor tehát az egyén genotípusáról beszélünk, ezt a genotípust kétfelé kell választanunk, vagyis a gének egyik csoportja az egyénen valóban érvényre jut, másik csoportja ellenben recesszív lévén, nem érvényesül, ha dominans párja is jelen van. A mendelizmus jelenségeivel kapcsolatban megállapítottuk, hogy a recesszív gének csak kettősség esetében jutnak érvényre, vagyis későbbi ivadékokban mint visszaütések szerepelhetnek. A gének egyik csoportja tehát az érvényesültséget (manifesztáció) jelenti, a másik csoportja ellenben a rejtve maradó, de mégis átöröklődő recesszív géneket tartalmazza. Ezeket lapangóság (latencia) elnevezéssel foglalhatjuk össze és kiegészíthetjük a mendelizmusról mondottakat azzal, hogy nemcsak a recesszív gének érvényesülése maradhat el, hanem más „kriptomer” géneké is. Így pl. az egyén örökölhet oly géneket, amelyek nem érvényesülhetnek rajta, mert más allél-párhoz tartozó gének érvényesülésüket megakadályozzák. Kétségtelen ugyanis, hogy olyan gén, amely valamely szerv súlyos elnyomorodását vagy fejletlenségét okozza, számos olyan gén érvényesülését akadályozhatja meg, amelyek csak ép szerven ér-

vényesülhetnek. A színvakság pl. megakadályozhatja a festőművészeti tehetség teljes érvényesülését vagy a halláshiány a zeneművészethez szükséges egyéb készségeket. Az érvényesülésnek ez a *génikus* megakadályozása nem korlátozza azonban e gének öröklődését a következő ivadéokra. Hasonlóképen nem érvényesülhetnek azok a gének sem, amelyek érvényesüléséhez bizonyos más gének jelenléte feltétlenül szükséges. Így nem érvényesülhetnek még a dominans fekete hajszín génjei sem, ha a testben nincs meg a haj fejlődéséhez szükséges gének összessége, vagyis az illető kopasz marad. Az örökléstudomány ismer oly géneket is, amelyek határozottan elnyomják más, nem allél gének érvényesülését. Ezeket a géneket nem dominansoknak nevezzük, hanem episztatikusoknak, amelyekkel szemben az elnyomott géneket hiposztatikusoknak nevezzük. Ezt a jelenséget általános névvel *heterosztáziá*-nak nevezzük, ami nem tévesztendő össze a *heterodinámiá*-val, vagyis a dominans-recesszív viszonyal. Így pl. a szőrszínnek különböző sorozatában állapítottak meg számos ily heterosztáziát. Az egér szürke színének génje episztatikus a fekete szín génje felett. Már ebből is látható, hogy a genotípusban rejlő gének közül a dominans, az episztatikus és a kettős recesszív gének szerepelnek mint a manifesztáció tagjai, vagyis érvényesülnek az egyénen, ellenben az egyes recesszív, a kriptomer és a hiposztatikus gének nem érvényesülnek, lappangók maradnak, ezek összességét „*latencia*” elnevezéssel foglaljuk egybe.

Az öröklöttség kialakulásában e szerint a manifesztált gének adják meg az egyén származási jellegét. A származási rokonság annál élesebben domborodik ki, minél tisztább tenyészetről van szó, vagyis oly egyének párosodnak, amelyek öröklöttsége azonos. Ez az azonoság természetesen már a nemi eltérés miatt sem lehet teljesen tökéletes, de a tapasztalat azt mutatja, hogy bizonyos egyéncsoportok, amelyek kétségtelenül azonos származásúak, az izogén-homolog kromoszómákban elhelyezett géncsoportok szerint egymással azonosak. Így

pl. az ugyanahhoz a fajhoz tartozó egyének bizonyos génegyüttesben egymással teljesen egyezők. Még az emberi fajon belül is az embertan által megkülönböztetett tiszta fajcsoportok, vagy fajták keretébe tartozó egyének bizonyos tulajdonságokban teljesen egyezők. Ennek az alapján lehetséges megállapítani pl. az europid fajták, mint az északi, az alpesi, a keletbalti, a mediterrán, a turáni stb. fajták fajtasajátságait, amelyekben minden e fajtákhoz tartozó fajtisza egyénnek egyeznie kell. A történelmi korokban azonban e fajták között oly nagymértékű keresztezés történt, hogy aligha lehet e fajtákat már teljesen tiszta, zártegységekben nagyobb tömegekben megtalálni.

Az egyének genotipusáról beszélve szóba kellett hozni a faj (fajta) genotipusát is. A faj genotipusa leg-egyszerűbb az ivartalanul, még pedig csakis ivartalanul szaporodó lények esetében, mert e lények egyénei egymással azonos genotipusúak, tehát a faj genotipusa egyező az egyénekével. Már fentebb foglalkoztunk ezzel és levezettük a genotipus megváltozása (mutáció) folytán előálló fajtakeletkezés lehetőségét. Az ilyképen ivartalanul szaporodó (agámiás) faj szétagolódhatik biotipusokra (fajtákra). Ekkor a faj képe már nem lesz egységes, hanem kevert. Egészen hasonlóképen alakulhat ki a fajkép öntermékenyülő (autogámiás) lények esetében is. Ily fajok egyénei homozigoták lévén, a faj és az egyének genotipusa egyező. Ily fajokban is keletkezhetnek mutációval új fajták és ezek keveredésével kevert fajok (pl. búza, árpa). Az élő lények legtöbbje azonban kölcsönös párosodással ivarosán szaporodik, tehát a mutációval létrejött megváltozások miatt az egyének maguk heterozigoták (hibridek). Emiatt csak közelítőleg állapítható meg az ilyen *allogámiás* faj és a fajta genotipusa abban az esetben, ha az egyének többkevesebb, a fajra vagy a fajtára jellemző tulajdonság szerint egyezők és homozigoták. A többi tulajdonságokban az egyének egymástól eltérhetnek, de ezen eltérő gének összessége mégis jellemző a fajra. Az egyéni

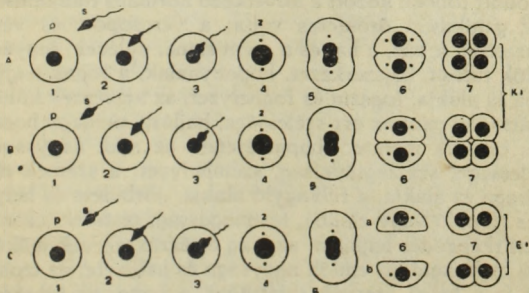
eltérések nemcsak bizonyos tulajdonságokban, testi és az emberek esetében lelki sajátságokban és képességekben nyilvánulhatnak meg, hanem megnyilvánulhatnak egy bizonyos sajátság különböző mértékében is. Ennek oka a már említett *polimeria* (58. old.), ami annyit jelent, hogy egy bizonyos tulajdonságot, mint pl. a test magasságát, a szellemi képességeket, tehetségeket nem egy, hanem több egyirányú gén határozza meg. A különféle mennyiségű génekkel felruházott egyének párosodásából keletkező utódok között *fokozati eltérések* jönnek létre az öröklött génmennyiségek szerint. Nagy öröklés anyag vizsgálataiból kiderült, hogy ily tulajdonságok esetében a középster van a népességben a legnagyobb mennyiségben képviselve és fokozatosan kisebb azoknak a száma, akik nagyobb génmennyiséget örökölve fokozott testi vagy szellemi képességekkel, bírnak, de fokozatosan kisebb azoknak a száma is, amelyek a középsternél fokunkint kevesebb és kevesebb gént örököltek. Ha a középster mértékét 0-val jelöljük (mint a hőmérőn a fagyponot), úgy *plusz variánsok*-nak jelölhetjük az ennél több és *minus variánsok*-nak az ennél kevesebb génmennyiséggel ellátottakat. Nyilvánvaló, hogy a végletek a legritkébbak, a középster a legtöbb. Az egyes egyének genotípusát és érvényesültségét az általa öröklött génmennyiség adja meg, tehát ha az egyéneket osztályozzuk képességük mértéke szerint, úgy minden egyén bizonyos tulajdonság szempontjából bizonyos osztályba tartozik. A *legtöbb egyén a középster osztályban lesz*, a legkevesebb a két szélsőséges plusz és minusz osztályban. A fajnak a jellegét az fogja megadni, hogy miképen szóródik szét az egyének tömege az egyes osztályokban. Ha viszonylagosan igen magas százalék jut a középster osztályba és ettől csak nagyon kevés az eltérés plusz és minusz irányban, úgy ez a középster osztály fogja megadni a faj abszolút középértékét. Ha ellenben a plusz és minusz értékek magasabbak, vagyis az eloszlás egyenletesebb, a fajnak egész másféle képe lesz. A faj képének viszonylagos értékét ter-

mészretesen az fogja megadni, hogy milyen értéknél kezdődik és végződik az egyének változatossága és mely értéknél lesz a legnagyobb tömegű egyén.

Mivel nemcsak egyetlen egy, hanem több tulajdonság is lehet polimeriás, az egyes egyének különböző tulajdonságuk szerint különböző osztályokba tartozhatnak, akár testi, akár szellemi tulajdonságaikat vizsgáljuk is. A legnagyobb tömeg ismét a fajra jellemző középső osztályban fog elhelyezkedni minden tulajdonságot illetőleg. Mind ritkább lesz azoknak az egyéneknek a száma, amelyek több tulajdonságban kiválóak, vagy pedig alantasak. Minél több tulajdonságban tér el valamely egyén a középszertől (átlagtól), annál inkább dombozódik ki egyéni különlegessége, mert előfordulása annál ritkább a tömeghez viszonyítva. Ezek a különleges tulajdonság-komplexummal felruházott egyéneket szoktuk hangsúlyozottan *egyéni*ség-eknek mondani.

Említettük azonban, hogy az öröklöttséghez szorosan csatlakozik a *szerzettség* is. Ezzel is kell külön foglalkozni. Már első fejezetünkben megemlékeztünk a szerzett tulajdonságokról és közöltük, hogy a tudomány mai álláspontja szerint a közönséges külső hatásokra létrejött tulajdonságok nem örökletesek. Természetesen elég nehézséget okoz megkülönböztetni az örökletes és a szerzett tulajdonságokat. Magán az egyénen csak a tulajdonság mint olyan vehető észre, de hogy ez az elődeiben is megvolt-e és átmehet-e az utódokra, csak a következő ivadékok vizsgálatával állapítható meg. Egyes növényfajok alacsony termete, vagy pl. az ember egyes egyéneinek feltűnő soványsága lehet öröklött, „családi” jellemvonás, de lehet valamely külső hatás, rossz táplálkozás, betegség következménye is. Amíg a növény- és állatorszámban a kísérletek nagy tömege tisztázta már igen sok fajon az örökletes és a szerzett tulajdonságokat, addig az emberen más módszerhez kell folyamodni. Ez a módszer részben az ikerkutatás, részben pedig a családkutatás. Említettük már, hogy kétféle ikret tudunk megkülönböztetni, még pedig a két petéből

és az egy petéből származó ikreket. Nemcsak az emberen, hanem az állatokon, sőt a növényeken is sikerült megállapítani, hogy a poliovuláció esetében egy időben több petesejt külön-külön termékenyül meg és mind-egyikből külön egyén fejlődik. Ezek eltérő genotípusúak és nem egyebek, mint véletlenül egyszerre született testvérek. Az egyptetés ikrek a poliembrionia fogalma



23. kép. Az ikrek keletkezésének módosatai.

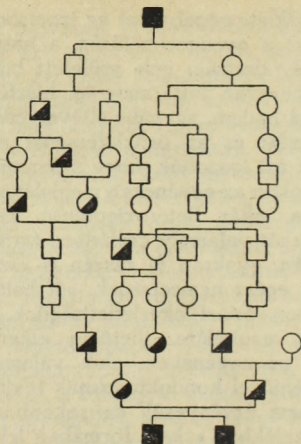
A kétptetés ikrek (KI) két külön petéből keletkeznek (Ap és Bp). Ezeket külön-külön termékenyíti meg egy-egy himivarsejt (s). A két zigota (z) külön fejlődésmenettel (4—7) külön magzattá fejlődik. Az egyptetés ikrek (EI) egyetlen petesejtből (Cp) fejlődnek, amelyet az s himivarsejt terméketített meg és zigotává alakult. Ez a zigota osztódik ketté (5, 6) és a két fióksejt (a és b) két külön magzattá fejlődik (7).

alá tartoznak, vagyis olyképen keletkeznek, hogy egyetlen petesejtet egyetlen ivarsejt termékenyít meg. Ebből a zigotából számtartó osztódással két, vagy több embrió keletkezik, amelyek azonos genotípusúak. E szerint adva van a megfigyelések alapfeltételeinek négy lehetséges kombinációja. Megfigyelhetjük a nem azonos genotípusú (kétptetés) ikreket azonos és eltérő körülmények között, hasonlóképen megfigyelhetjük az (egypetetés) azonos genotípusú ikreket szintén azonos és eltérő körülmények között. Ezekre a módszerekre már Galton Francis hívta

fel a kutatók figyelmét (1876). Azóta nagyjelentőségű eredményeket ért el az *ikerkutatás*, mert megállapíthatta az ember örökletes tulajdonságainak jórészét. Az ikerkutatásokkal párhuzamosan haladó *családkutatások* azt állapítják meg, hogy az egyes örökletes tulajdonságok milyen *menetben*, dominánsan, recesszíve intermedialisan vagy nemhez kötötten öröklődnek. Beigazolódott többek között a következő normális tulajdonságok génikusan örökletes volta; a vércsoport és vérösszetétel, a bőr, a haj és a szem színe, ujjlécek, tenyérredők futása, hajszerkezet, koponyaalak, a fogak nagysága és alakja, fogszín és foghelyzet, az arcrészek külön sajátságai, mint az orr szélessége, hajlása, orrhegy hossza, orrlyuk mérete, cimpaméreték, az ajak nagysága, szélessége, szájuztávolság, szemhelyzet, a szemek távolsága és alakja, a fülkagyló alakja, görbülete és helyzete (lapuló vagy elálló), testmagasság, testalak, csont- és zsírképződés hajlama, az ideg és érzékszervek működési sajátságai, az emlők nagysága és helyzete, az izomzat és a belső szervek sajátságai, a hang, az ivaréretsége, a termékenység, az öregedés időszaka, életkor átlaga stb. A fogyatékoságok közül is igen soknak az örökletessége beigazolódott, mint pl. a többujjúság, a tömpeujjúság, az ujjak összenövése, megrövidülése, görbülete, a dongaláb, karikaláb, gacsos térd, lúdtalpúság, csipőficam, sérvhajlam, nyúlajkúság, farkastorok, az áll előugrása, növényi rendellenességek, halálokozó génösszetételek, számos élettani fogyatékoság és rendellenesség, hajlamosság és ellenállóképesség, az idegbetegségek és elmebajok többféle alakja, magtalanság stb. Idesorolhatók azok a tulajdonságok, amelyek érvényesülése a külső tényezőkkel hathatósan befolyásolható, mint pl. angolkór, mandula nagyobbodás, golyva vérnyomás, érelmeszesedés, cukorbetegség, hájasodás, köszvény, migrén, asztma, vészes vérszegénység, vesegyulladás, vesezsugorodás, szervi szívbaj, a gyomor és bélműködés néhány rendellenessége, a légutak több megbetegedése. Súlyosabb elbírálás alá kerülnek az ideg-

betegségek örökletességei, mint az izomsorvadás, örökletes vitustánc, a gyengeelméjűség, a hasadásos elmezavar, a tébolyodottság, vele született butaság, eskór, körszakos elmezavar, búskomorság, hisztéria, neuraszténia, bűnözési hajlam, sexuális eltévelyedések stb.

A származást és az örökletességet egybevetve a megfigyelések azt igazolják, hogy a domináns tulajdonságok mindazokon az egyéneken megjelennek, akik akár homozigotáción, akár heterozigotáción szereztek meg ezek génjét, tehát valamely családhoz tartozó egyéneknek nagyrésznél, gyakran $\frac{3}{4}$ részén is észlelhetők. Ily tulajdonságok egész nemzetségek, sőt beltenyésztésben élő tájfajtákban óriási elterjedettségűek. A recesszív tulajdonságok megítélése, illetőleg elkerülése nehéz, mert azokon az egyéneken, akik valamely recesszív tulajdonság génjével konduktoroknak tekintendők, ez a tulajdonság nem érvényesül, de rokonházasság esetében nagy százalékban súlyos formában jelentkezik (24. kép). Ha az ily tulajdonság a fejlődésre gátló hatású, erős torzulások, diszharmónikus korcsok keletkezhetnek, sőt elvetélés következhetik be, ha pedig e tulajdonságok serkentők, a fejlődést, a testi, vagy szellemi tulajdonságokat fokozók, úgy kimagasló zsenialitású, vagy testi fejlődési egyének jöhetnek létre. Az ikerkutatások és családkutatások a növény- és állatorszámban, de az emberre vonatkozólag is sok bizonyítékot szereztek a környezet hatásaira, illetőleg a genotípus és a paratípus viszonyára vonatkozóan is. Azt már említettük, hogy a genotípus megváltozását a mutáció okozza, a paratípus megváltozását pedig a modifikáció. Ezt az éles ellentétet hidalják át azok a kísérletek, amelyek nem a közönséges, hanem rendkívüli hatásoknak teszik ki a szervezetet. Néhány állat- és növényfajon sikerült ily külső hatásokkal mesterségesen is mutációs folyamatot előidézni, vagyis örökletes tulajdonságokat létrehozni. Különösen rövidhullámú sugárzások és egyes mérgek, valamint erőteljesebb hőhatások idéztek elő osztódó állapotban lévő sejtekben oly génikus, vagy kromoszómális



24. kép. A hasadásos elmezavar recesszív öröklésmenete.

A két alsó fekete négyzet a két schizofrénias bajor ural-
kodó testvér: II. Lajos (szül. 1845) és I. Ottó (szül. 1848).
Ezek apai és anyai oldalról egyaránt megörökölték a recessz-
zív kóros géneket, mert az ősök többszörös rokonházasság
révén a legfelső fekete négyzettel jelzett közös schizofrén
ősapától, braunschweig-lüneburgi ifj. Vilmostól (szül. 1535)
származnak. A táblázatban több pszichopatiás ős látható félig
feketített jelzéssel (Bau-Fischer-Lenz nyomán).

megváltozásokat, amelyek új örökletes tulajdonságokat
vagy legalább is megváltozásokat, átalakulásokat idéz-
tek elő. Ezek tanulmányozása most van fellendülőben.
Beigazolódott azonban az is, hogy az egyénben, különö-
sen az anyában bizonyos hatásokkal (pl. méreg hatás,
alkohol hatás) az ivarsejt vagy az embrió fejlődését be-
folyásolni lehet. Némely esetben mint örökletes génikus
változások, más esetekben csak mint az ivadéokra át-
terjedő utóhatások jelentkeznek. Az *utóhatás* nem té-
vesztendő össze az öröklöttséggel, mert ez csak annyit

jelent, hogy a szülő, főképen az anya bizonyos szerzett tulajdonsága a táplálékkal vagy később az anyatejjel bejut a gyermek testébe és abban is megváltozásokat hoz létre. Ezek, a fejlődés kezdetén ható külső anyagok és ingerek, amelyekhez számos más környezethatás vagy mesterséges fiziológiai beavatkozás (pl. fertőző betegség, himlőoltás stb.) csatlakozik, valóban mélyreható és irányító változást idézhet elő az egyén fejlődésében. Ez a megváltozás éppen úgy átalakítja az egyén reakciómódját a környezettel szemben, mint valamely örökletes tulajdonság. Valamely egyén pl. lehet örökletesen is ellenálló szervezetű valamely betegséggel szemben, de ezt az ellenállást szérumos ojtással is vagy pedig a fertőző betegség egyszeri kiállásával is megszerezheti az egyén.

A tulajdonságok létrehozásában perisztatikus környezeti tényezők éppenolyan szerepet játszanak, mint az öröklöttségben az endostatikus génkomplexumok. A kedvező vagy gátló külső hatások mennyisége ez esetben is a középérték körül csoportosuló plusz és mínusz variánsok osztályait hozzák létre. Az azonos öröklöttségű egyének a kedvező vagy kedvezőtlen külső hatások irányítása szerint fejlődnek hol előnyösen, hol hátrányosan. A társadalomban tapasztalható rétegezettség is vagy az endostatikus v. a perisztatikus tényezők vagy mindkettő konstellációjára vezethető vissza. A „szerencsétlen” mínusz variánsok vagy tehetségtelenek vagy nincstelenek, vagy mindkét sorscsapástól sújtottak. A plusz variánsok vagy tehetségesek és emiatt érvényesülnek vagy szerencsefiak, vagy tehetségesek is és szerencsések is.

A szerzettségnek tehát az öröklöttséghez *hasonló* szerepe lehet. Emiatt az ilyen szerzett tulajdonságokat, amelyek az egyén fejlődését maradó megváltozásokkal irányítják, maradó alaki változásokat vagy működésbeli átállításokat hoznak létre, tehát az egész életre megváltoztatják, körül kell határolnunk mint az alkalmazkodottság tulajdonságcsoportját (*adaptáció*). Ezekkel

ellentétben ugyanis a környezet számos hatására oly tulajdonságok, vagy változások jöhetnek létre az egyénen, amelyek csak addig tartanak, ameddig a külső hatás tart vagy legalább is csekély tartamú a reakció. Ezek a muló megváltozások jelzik az egyén *állapotát* (*kondició*), amelyben pillanatnyilag található. Ilyen muló paratipikus tulajdonságok pl. a test hőmérséklet-változásai, a táplálkozással kapcsolatos módosulások, a környező légkör fizikai és kémiai változásaira való reakciók, az izom- és idegrendszer reakciói bizonyos időszakos külső ingerekre stb. Kétségtelen, hogy ezek az utóbbi állapotjelző modifikációs folyamatok nem tartoznak a szervezet tulajdonságaihoz, amelyek az egész életre, vagy az utódra kihatnának, habár az élet maga külső megjelenésében a különböző állapotok egybefolyó sorozata. Az állapotot részben az öröklöttség, részben az alkalmazkodottság határozza meg a külső körülmények ingereire. Az elmondottak szerint az egyén (*individuum*) állandó jellegű tulajdonságai egyfelől az öröklöttség *érvényesült* (manifestáció) részeiből, másfelől pedig a szerzettség *alkalmazkodott* (adaptáció) részeiből tevődik össze. Ezeket az állandó jellegű testi és lelki tulajdonságokat együttesen *alkat* (*konstitúció*) elnevezéssel összesítjük. Az alkatnak vannak tehát öröklött és szerzett komponensei, de nem szerepelnek benne az öröklöttség lappangó génjei (*latencia*), sem pedig a muló állapot tényezői (*kondició*).

Említettük már, hogy a közös eredetű egyéntömegek genotipusában a homológ-izogén kromoszómák révén egyező géncsoportok vannak, amelyek az egyéneket családokba, ezeket nemzetségekbe, majd fajtákba, a fajtaikat fajokba és ezeket ismét magasabb rendszertani egységbe egyesítik. Ehhez a rendszerezéshez hasonlóan lehet az egyének szervezeti jellemvonásai alapján, vagyis az *alaktani-élettani viszonyosságban* részes tulajdonságok alapján *alkati rendszerezést* is keresztül vinni. Meg lehet állapítani alkat-tipusokat, amelyek egyes rendszertani egységen (fajon, fajtán) belül bizonyos *végleteket*

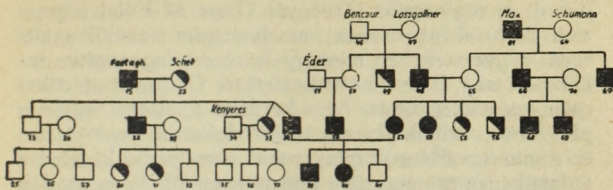
jelentenek. A fentebb említett fokozatosság mind az öröklött, mind pedig a szerzett tulajdonságok létrehozásában önmagától kitermeli a többirányú maximális plus variánsokat és az ezzel ellentétes minus variánsokat. Ilyeneknek kell tekinteni a „tipológia” által feldolgozott alkat-típusokat, mint az ember körében az ókori vérmes (szangvinikus), epés (kolerikus), nyálkás (flegmatikus) és méla (melankólikus) „vérmérsékletű” embereket. *Kretschmer* leptoszom (csontos), atléta (izmos) és piknikus (hajas) alkattípusait, *Sigaud* type respiratoire, musculaire, digestif, cerebral-ját. Ezekhez csatlakoznak a lelki alkatok szövevényes típusai. Ez alkat-típusok fogalmának kialakulásával kapcsolatban kétségtelenül előtérbe nyomul ezek örökletességének kérdése. Ez esetben is figyelmeztetnünk kell arra, hogy ne gondolkozunk a mindennapi laza és kritikátlan szójelentés szerint, amikor öröklődésről beszélünk. Az öröklődés nem annyit jelent, hogy az utód azonos egyik vagy mindkét szülőjével, hanem annyit, hogy valamely tulajdonság génje átszármazik az öröklődés szabályai szerint az utódokra. Nem a tulajdonság, hanem a tulajdonság kifejlődéséhez szükséges gén, vagyis a *képesség* öröklődik. Ennek a képességnek érvényesülésébe beleszól a többi gén és a környezeti tényezők komplexuma. Ily értelemben az alkat maga teljes egészében nem öröklődhetik, csak az alkatot összetevő gének. Az egyén, amelynek alkatát elemezzük: a probandusz *szintézis* következménye, az elődökből származó gének érvényesülésének és az alkalmazkodottságnak együttes szülötte. Bármily alkatú is a probandusz, alkatának génikus összetevői az ő ivarsejtjeibe ismét szétszóródnak. A *szintézist* követi a *diszperzió*. A diszperzió során az ellenlábas gének (vagy géncsoportok) két külön kromoszómába kerülnek (v. ö. 27. old.), tehát nem jön létre két azonos ivarsejt. Homozigotaság esetén az ivarsejtek bizonyos tulajdonságcsoportokban azonosak lehetnek, de csak abban az esetben, ha a probandusz apja is, anyja is azonos alkatú homozigota volt. Ha a proban-

dusz szintén azonos alkatúval párosodik, az alkat öröklődése nagyobb valószínűségű. E szerint annál nagyobb valamely alkat öröklődésének valószínűsége, minél régebbi és minél magasabbfokú a beltenyészet (rokonházasság). Ilyképen alakulhatnak ki egyes családokban, nemzetségekben azonos vagy többé-kevésbbé hasonló „családi” alkatok. Meg kell jegyeznünk, hogy nemcsak származási rokonok közötti beltenyésztés biztosítja az alkat öröklődését, hanem közös származás nélküli alaki vagy élettani azonosság esetében is. Mivel az ember esetében igen gyakori a testi és lelki vonzalom az azonos testi és lelki tulajdonságú, szellemi képességekben és hajlamokban rokon egyének között, sőt az azonos foglalkozású családok tagjai között is, könnyen adva van az ily irányú tiszta tenyészetek útja és bizonyos alkattípusok állandósulása. Az öröklődésről szóló művek számos ily család származástáblázatát közlik.³ Különösen érdekes a *Székelylőfő Alsótorjai Vastagh* és a *Benczur—Éder—Max* családok kapcsolata (25. kép).⁴

Az alkati sajátságok, testi jellegek, szellemi képességek, tehetségek öröklésének lehetősége és módja természetesen állandóan foglalkoztatta az emberi elmét. A mindennapi tapasztalat szűrte le azt a közmondást, hogy „nem esik messze az alma a fájától” vagy a költő szavai szerint „nem szül gyáva nyulat Nubia párduca”. E két mondás a lehetőségeket szűk határok közé szorítja ugyan, de kifejezi azt, hogy általában gyakori a szülők tulajdonságegyüttesének, alkatának öröklése. A házassági tanácsadók is arra intenek, hogy „nézd meg az anyját, vedd el a lányát”. Ezzel szemben kétségtelen, hogy néhány tankönyvi példán kívül alig akadnak a társadalom által produkált családfákban bizonyos ma-

³ V. ö. *Leidenfrost Gy.*: Rabok vagyunk vagy szabadok? Pécs, Danubia 1927. — *Somogyi József*: Tehetség és eugenika. Budapest 1934.

⁴ B. K. A művészi tehetség öröklődése (Magyar Családtörténeti Szemle, IV. 1898. VIII—IX. sz. 203. old.)



25. kép. A képzőművészi tehetség öröklődése.

A leszármazási táblázaton három képzőművész-család összeszövődése látható. A ketté osztott jelek kisebb, a telt jelek nagyobb fokú kiválóságot jelentenek: *Id. Vastagh György* (1834—1922) magyar festőművész (15) és felesége *Schell Josefin* (1839—1927) német festőművésznő (22) négy gyermeke közül *Géza* (1866—1919) festőművész (28), *V. Josefin Kenyeres Balázsné* festőművésznő (33) és ifj. *Vastagh György* (1868) szobrászművész. E két utóbbi iker. Ifj. *V. György* (38) nőül vette *Benczur Olga* festőművésznőt (53), *Benczur Gyula* (48) nagy magyar művész leányát. E házasságból származó 3 gyermek közül kettő lett művész: *V. László* (39) és *V. Éva* (40). *Benczur Gyula* (48) felesége *Max Carolina* (65) volt, *Max Josef* (61) német szobrászművész leánya. E házasságból 4 művész gyermek született: *B. Olga* (53), *B. Ida* (54), *B. Elza* (55) és *B. Gyula* (56). *Max Josefnek* (61) két művész fia (66, 67) és unokája (68, 69) volt. *Eder Gyula* festőművész (52) *Benczur Gyula* nővérének gyermeke (*Vastagh László* szobrászművész úr adatai alapján).

gasan kiemelkedő testi vagy szellemi tulajdonságcsoporthú egyéniség töretlen és tiszta öröklődésére. Nagyjaink, kiváló egyéniségeink nagy tömegét sorolhatnánk fel, akiknek tehetsége, kiválósága egyáltalán nem, vagy gyermekeinek csakis kis részén, akkor is kisebb mértékben jelentkezett. Természetesen ennek a fordítottja is megállapítható minden esetben, mert hiszen éppen ezeknek a kiválóságoknak a szülői sem voltak oly nagy mértékben kiválóak.

Meg kell említenünk, mert erre sokat hivatkoznak,

hogy *Galton Francis* 1899-ben alkotta meg az öröklésnek ú. n. regressziós törvényét (*Law of Filial regression, Natural Inheritance*), amely szerint a szülők sajátosságai a gyermekeken mintegy $\frac{2}{3}$ -részre legyengítve találhatók meg. Erre a következtetésre Galton statisztikai számvetésekkel jutott. Arra keresett feleletet, vajjon a pluszvariáns szülők pluszvariáns utódokat hoznak-e létre és a minuszvariánsok minuszokat vagy pedig ki lehet-e valamiképen számszerűen fejezni a szülők és az utódok közepes eltéréseinek egymáshoz való viszonyát? *Johannsen* szerint ez az örökléstudomány egyik alapvető legfontosabb kérdése, amelyből az öröklődés lényegének értékelése is függ. Galton számításaihoz oly tulajdonságokat használt, amely polimeriás (58. old.), még pedig a testmagasságot, 204 szülőpár és 928 felnőtt gyermekük magasságát kritikusan egybevetve azt találta, hogy a gyermekek éppen olyan irányban térnek el a középértéktől, mint a szülők, tehát plusz vagy minusz irányban, azonban kisebb mértékben, vagyis az utódok sajátossága kb. $\frac{2}{3}$ regressziót (visszaesést) szenved a szülőkkel szemben a faj középértéke felé. Ennek a regressziónak az a következménye, hogy az utódok átlagmértéke közelebb van a fajta középső értékéhez, mint az illető szülő értéke. Ez a visszaesés az eltérő genotipusú szülőivadék kereszteződésének logikus következménye. *Johannsen* kimutatta pontos kísérletekkel, hogy *tiszta* biotípusban viszont soha sincsen „regresszió”, hanem minden plusz és minden minusz variáns utódainak variálása éppen olyan, mint magának a biotípusnak a variálása. Így pl., ha valamilyen tisztán tenyésztett paszulymag nagysága 11—18 mm között váltakozik és 14.5 mm a középértéke, úgy a 18 mm nagyságú magvakból származók magvai is egymással azonosan variálnak és mindegyiknek 14.5 mm lesz a középértéke. E szerint az utódok teljesen visszaütnek a fajta középértékére és nem tolódnak el sem a plusz, sem a minusz irányában, vagyis sem a 18, sem a 11 mm nagyság nem öröklődik. Nem öröklődik azért, mert tisztatényszerű lévén, minden mag

azonos genotipusú, a genotípus pedig a 11—18 mm közti ingadozás képességét (a reakciómodot) jelzi és a 14.5 középértékkel (vagy a szóródással) fejezhető ki. Galton nem tisztatenyészetű anyaggal dolgozott, hanem különböző biotípusok keverékével, *populációval*. Ha a szülők testmagassága 155—195 cm között variál és a variálásnak 175 cm a középértéke, úgy a fenti tiszta biotípusú példa szerint a 155 cm-es párok és a 195 cm-es párok nagymennyiségű származékainak középértéke egyaránt 175 cm lenne. Ehelyett azt tapasztaljuk, hogy a pluszvariáns szülőknek nem lesz ugyan 195 cm-es utódjuk, de nem lesz 175 cm-es sem, hanem a populáció középértékénél nagyobb, de az extrém értéknél kisebb. Ez a középérték meg fog felelni ama biotípus középértékének, amelyhez a plusz variánsok tartoztak, tehát saját fajtájuk (biotípusuk) értékét adják meg. Ha a plusz variáns biotípust a populációból kiválogatjuk és külön tenyésztjük, ennek középértéke nagyobb lesz, mint a populációé volt.

Ezen a jelenségen alapul minden kiválogatás. A természetes kiválogatás éppenúgy, mint a mesterséges, a növénynemesítés éppúgy, mint az állattenyésztés vagy az embernemesítés (eugenika). Az egyének alkata egymástól mindig eltérő. Egyenlőség nincs sem az öröklött, sem a szerzett tulajdonságokban, még kevésbé ezek együttesében, az alkatban. Az azonosnak tetsző alkatok kiválogatása és párosítása bizonyos tulajdonságcsoportok vagy képességek rögzítéséhez és értékeléséhez vezet. Ez a kiválogatás és párosítás történhetik származéksorokon belül, tehát beltenyésztéssel, de történhetik azonos biotípusok, sőt egyes génekben eltérő biotípusok közötti keresztezéssel is. Az előnyös, testi és szellemi értéktöbbletet jelentő alkatok kitenyésztése tehát beltenyésztéssel is, keresztezéssel is történhetik. A lényeg nem a módszerben, hanem a gének minőségén és együttes összhangjában rejlik.

A beltenyésztéses szaporítással (rokonházassággal) biztosítani lehet bizonyos kiváló tulajdonságok öröklő-

dését, sőt fokozódását, de ugyanakkor homozigotás megjelenéshez juthatnak azok a recesszív gének is, amelyek az elődökben még ártalmatlanul szálltak ivadékról-ivadékra (23. kép), de rokonpárosodáskor érvényesülve degenerációt, pusztítást végeznek (fogyatékos, diszharmóniás alkat, letalitás). Ezzel szemben származási kapcsolatban nem lévő, de mégis hasonló kiválóságokat, tehetségeket és képességeket érvényesítő családok tagjainak keresztezése egész sorát hozhatja részre a plusz variánsoknak, degeneráció nélkül, amint ezt igen sok példával örökítette meg az irodalom (25. kép).

Egyes nemzetségek és ezekből alakult társadalmi rétegek, sőt osztályok bizonyos szellemi tehetségek, mint a tudomány, az irodalom és művészet művelése, vagy a műszaki gyakorlati mesterségek iránti hajlamosság révén különülnek el a többitől és ezek fel is emelkednek mind magasabb tökélyre, de csak addig, amíg az elkülönülés a beltenyészteses leromláshoz nem vezet. Ezzel ellentétben a helytelen keresztezés értéktelen génekkel rombol és ezzel a nemzetség, az osztály, vagy a rend szintén a leromlás lejtőjére jut.

Ezekkel a jelenségekkel az eugenika tudománya foglalkozik, amely már kívül esik feladatunk körén.

A származás és öröklődés és kapcsolatának beható tanulmányozása azonban nemcsak az említett nemesítési törekvésekhez nyújt szilárd alapot, hanem a tágabb perspektívájú tudományos kutató irányokhoz is. Elsősorban arra kell gondolnunk, hogy az egyének származása és tulajdonságainak öröklődése bele illeszkedik a család és a nemzetség kialakulásába, vagyis a *mikroevolúció* törvényeinek megállapítását teszi lehetővé. Ezeken a törvényeken épül fel a *makroevolúció* épülete, amely a fajok keletkezésével, az élők világának származástörténetével és fejlődéstörténetével a biológiai tudományokat tetőzi be.

IRODALOM

Baur E.: Einführung in die Vererbungslehre. 11. Aufl. Berlin, 1930.

Baur-Fischer-Lenz: Menschliche Erblehre. 4. Aufl. München, 1936.

Biró B.: Eugenika. Kincsestar 47. sz. Budapest, 1935.

Graf J.: Vererbungslehre, Rassenkunde und Erbgesundheitspflege. 5. Aufl. Berlin, 1938.

Goldschmidt R.: Einführung in die Vererbungswissenschaft. 5. Aufl. Berlin, 1928. — Die Lehre von der Vererbung. 3. Aufl. Berlin, 1933.

Greguss P.: Bevezetés az örökléstanba. Budapest, 1935.

Johannsen W.: Elemente der exakten Erblchkeitslehre. 3. Aufl. Jena, 1926.

Just G.: Vererbung und Erziehung. Berlin, 1930. — Die Vererbung. 2. Aufl. 1936. — Handbuch der Erbbiologie des Menschen, Bd. I—V. Berlin, 1940.

Leidenfrost Gy.: Rabok vagyunk vagy szabadok? Az örökléstan vázlata. Pécs, 1927.

Lenz F.: Über die biologischen Grundlagen der Erziehung. 2. Aufl. München, 1927.

Marosi A.: Átöröklés és nemzetvédelem. Szent István Könyvek, 19. sz. Budapest, 1924.

Méhely L.: A magyarság multja, jelene és jövője. Kis Akadémia Könyvtára, XIX. 1936. — Számos értekezése közül: A vércsoportok faji jelentősége. Budapest, 1930. — Fajvéde-

lem és fajnemesítés. Budapest, 1936. — Vér és faj. Budapest, 1939.

Plate L.: Vererbungslehre. 2. Aufl. I—III. Bd. Jena, 1932—1934.

Punnett R. C.: Mendelism. London, 1927. Magyar fordítása Soós Lajostól. Az átöröklés. Budapest, 1928. Termtud. Társ.

Reinöhl F.: Vererbung und Erziehung. Oeringen, 1937. -- Die Vererbung der geistigen Begabung. München—Berlin, 1937.

Somogyi J.: Tehetség és eugenika. Budapest, Eggenberger, 1934.

Szabó Z.: Az átöröklés. Az általános örökléstudomány elemei figyelemmel a gazdasági és orvosi vonatkozásokra. 6 táblával és 256 képpel. Termtud. Társulat. Budapest, 1938. — A fajegészség, fajvédelem és fajnemesítés örökléstana. Budapest, 1939. — Rokonság, származás, öröklés. Termtud. Közlöny, 1936. 273. old. — Alkat és öröklés. Gyógyászat, 70. 1937. 342. és 357. old. — A vércsoportok átöröklése. *Groh-Szabó*: Fehérjék, vércsoportok. Függelék. A természet-tudományok elemei. 5. füz. Budapest, 1937.

Zimmermann A.: Fejlődéstan. Kincsestár, 43. sz. Budapest, 1930.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Magyar Tudományos Akadémia
Könyvtára 3611/1951 sz.



